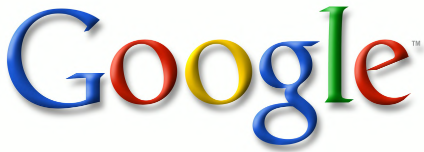


LEITFADEN

BEIM PRAKTIKUM IN DER BOTANISCHEN MIKROSKOPIE,

ZUGLEICH

GRUNDRISS DER PFLANZENANATOMIE,

VON

Dr. E. GILTAY,

WAGENINGEN (HOLLAND).



BUCHHANDLUNG UND DRUCKEREI
VORMALS
E. J. BRILL
LEIDEN — 1900.

Buchdruckerei vormals E. J. Brill, Leiden.

VORWORT.

Dieser Leitfaden ist in erster Linie dazu bestimmt von meinen Schülern gebraucht zu werden. Weil ich jedoch meinte, dass er vielleicht auch anderswo nützlich sein könnte, ist er in Deutscher Sprache verfasst.

Für die Grundlage der Pflanzenanatomie habe ich die theoretische Behandlung aufgegeben; ich docire dieselbe gegenwärtig fast nur in einem Praktikum von etwa 35 zweistündigen Lektionen, zu welchem Praktikum mein „Sieben Objekte"[1]) die Vorbereitung bildet.

Ich bin in meinem Praktikum bestrebt das Wesentliche ziemlich gründlich zu behandlen. Namentlich werden besonders im Anfang die mikroskopischen Bilder zunächst möglichst objectiv und unabhängig von allem nicht selbst erfarenen Wissen besprochen.

Dies' ist aber aus vorliegendem Leitfaden nur zum kleinen Teil zu ersehen; denn der soeben angedeutete längere (aber auch bessere) Weg um zu den mitgeteilten Resultaten zu kommen, wurde, um der Uebersicht nicht zu schaden, gewöhnlich nicht angegeben.

Möglichst viel soll gezeichnet werden; die Hälfte der

---

1) Dr. E. GILTAY, Sieben Objekte unter dem Mikroskop. Einführung in die Grundlehren der Mikroskopie. Leiden, E. J. BRILL.

Seiten wurden aus diesem Grunde nicht bedruckt. Die beigegebenen schwarzen Blätter sind dazu bestimmt, bei beschränktem Raum auf dem Arbeitstisch während des Zeichnens das bedruckte Blatt bedeckt zu halten, damit man hierauf das Mikroskop stellen könne, und dann auf der anderen Seite die Zeichnung ausführen, ohne dass eine helle Unterfläche vorhanden ist, die Anfängern im Mikroskopiren leicht hinderlich wird.

Für alle Bemerkungen die man von sachverständiger Seite mir machen wollte, werde ich dankbar sein.

INHALT.

ERSTER TEIL.

Zellen und Gewebe.

A. Die Zelle und ihre Bestandteile.

ZWEITER TEIL.

Der Bau einiger Organe.

---

1. Der Stengel.

2. Das Blatt.

3. Die Wurzel.

---

1) Fehler für 9; auch die folgenden sind daher eine Einheit zu hoch.

E. GILTAY.

LEITFADEN.

ERSTER TEIL.

ZELLEN UND GEWEBE.

1es PENSUM.

A. DIE ZELLE UND IHRE BESTANDTEILE.

Plasma, *Kern*, *Vacuolen*.

Objekt: Haare auf den Staubgefässen bei *Tradescantia virginica*.

Man lege einige Haare in ein wenig Wasser zwischen Objekt- und Deckglas und betrachte sie nacheinander mit A und D [1]).

Bei allen höheren Pflanzen besteht der Körper aus einer grossen Anzahl kleiner, gewöhnlich mikroskopischer Körper, sogen. **Zellen** [2]), von denen jede mit einer eignen **Wand** umgeben ist und irgend einen **Inhalt** hat.

Das Leben der ganzen Pflanze hängt in erster Stelle von der Tätigkeit der noch lebenden Zellen ab, die sich darin

---

1) Diese Buchstaben beziehen sich auf Objective der Firma Zeiss in Jena.

2) Zelle, von *cella* = begrenzter Raum, Zimmer; vergl. Zellengefängnis, Zellen im Bienenkorb.

befinden. Ausser lebenden Zellen können in dem Pflanzenkörper jedoch auch zahlreiche abgestorbene Zellen von grosser Bedeutung sein, von denen z.B. manche, wie wir später sehen werden, zur Stütze dienen. Solche tote Zellen sind also für die Pflanzen, in welchen sie vorkommen, nur von passiver Bedeutung, die lebenden jedoch auch von activer.

Das Leben der Zelle ist durch einen bestimmten Bestandteil des Inhaltes bedingt, durch das **Protoplasma** [1]), auch kurzweg *Plasma* genannt.

Lebendes Plasma besteht aus einem Stoff von mehr oder minder flüssiger Beschaffenheit, worin wir gewöhnlich eine grössere oder kleinere Anzahl Körnchen wahrnehmen.

In dem Plasma findet man ferner fast immer noch einen grösseren Körper von complicierter Structur, einen **Kern**. Der Kern wird ebenfalls als ein lebender, besonderer Teil des Plasmakörpers betrachtet. Bisweilen, besonders bei grösseren Zellen findet man auch mehrere Kerne im Plasma. Die Anzahl Zellen, in welchen kein Kern bekannt ist, hat, seitdem vollkommenere Hilfsmittel uns in den Stand setzten diesen Bestandteil des Inhaltes besser zu finden, sehr abgenommen. In einem Kern beobachtet man oft noch ein oder mehr **Kernkörperchen**.

Noch verschiedene andere Bestandteile finden sich in den Zellen, welche letztere jedoch, es sei denn, dass wir das Gegenteil aussagen, leblos sind.

In nicht zu jungen Zellen kann man öfters leicht einen oder mehr Hohlräume sehen, gefüllt mit **Zellsaft**, sogen.

---

1) von *protos* (πρῶτος) = erste (vergl. Protozoon (πρωτοζῷον) erstes Tier), und *plasma* (πλάσμα) = das Gebilde; vergl. plastisch = bildsam, geformt, fig. deutlich.

Vacuolen [1]). Dieser Zellsaft besteht aus Wasser und verschiedenen darin aufgelösten Stoffen; hier z.B. bisweilen ein violetter Farbstoff. Manchmal sieht man bei lebendem Plasma die Körnchen, sogar auch den Kern, in bestimmten Richtungen sich bewegen, wobei die Bahnen ihre Form ändern. Da der Kern ein Teil ist, der in toten Zellen sehr leicht, in lebenden Zellen verschiedene Anilin-Farbstoffe durchaus nicht annimmt, so wird diese Eigenschaft wohl benützt, um tote Zellen von lebenden zu unterscheiden. Das Plasma kann sich jedoch bei beiden Arten von Zellen färben. Auch in den Vacuolen lebender Zellen können sich manche Farbstoffe aufhäufen.

Wir versuchen nun bei dem genannten Objekt die erwähnten Sachen zu sehen.

Hierbei stellen wir uns auch die Frage, woraus hier denn hervorgeht, dass die kleinen Plasmakörnchen sich in einer speciellen Plasmaflüssigkeit, und nicht in dem Zellsaft befinden.

2es PENSUM.

A. DIE ZELLE UND IHRE BESTANDTEILE. 2.

Nähere Betrachtung der Plasmabewegung.

Objekt: wie bei N° 1.

Man lege die Haare trocken zwischen Objekt- und Deckglas und überzeuge sich, dass auch jetzt eine Plasmabewegung vorhanden ist. Es ergibt sich also, dass diese nicht eine

---

1) von *vacuus* = leer, also ein Raum, worin man keine Bestandteile sieht; vgl. das Vacuum.

Folge davon ist, dass man die Staubfäden ins Wasser legte. Jetzt, wo die Haare trocken liegen, sehen wir die Plasmakörnchen viel schlechter, die kleinen oft gar nicht. Dies ist eine Folge der stärkeren unregelmässigen Abweichung, welche die Lichtstrahlen bei dem Uebergang von der auf der Zellwand gefundenen Structur in die Luft erfahren.

Wir weisen für diese Strömung ferner nach, dass wir dieselbe bald nicht mehr sehen:

a) wenn wir die Flüssigkeit, in der sich die Zellen befinden, nicht mehr mit gewöhnlicher Luft in Berührung lassen, sondern darüber einen Luftstrom hinleiten, welchem durch erhitztes Kupfer der Sauerstoff entzogen worden ist;

b) wenn wir die Temperatur erniedrigen (Objektgläser auf gestampftes Eis legen!).

c) wenn wir die Haare in Wasser legen, dass zuvor mit etwas Chloroform geschüttelt und dann filtriert wurde;

In allen drei Fällen beginnt die Bewegung aufs neue, wenn wir nicht zu lange nachher, nachdem wir den Stillstand eintreten sahen, die gewöhnlichen Umstände wieder walten lassen, und zwar meistens sehr bald bei Fall *a*, langsamer bei Fall *b*, am langsamsten oder gar nicht bei *c*. Bei Fall *c* ändert sich übrigens die sichtbare Structur im Plasma stärker; die Chloroformnarcose [1]) scheint das Leben der Zelle stärker anzugreifen. — Im Falle *a* steht die Erscheinung natürlich in Zusammenhang mit dem Aufhören der normalen Atmung. Alle Atmung, d. h. alles Hervortreten einer für das Leben brauchbaren Energie durch Veränderungen im Zellkörper hat damit noch nicht aufgehört. Thatsächlich nehmen wir, we-

1) Abgeleitet von einem griechischen Wort das Betäubung bedeutet.

nigstens in der ersten Zeit, nicht wahr, dass die Plasmabewegung völlig stillsteht, sondern nur dass sie viel langsamer wird; vielleicht hört sie, so lange die Zelle lebt, nie ganz auf.

3es PENSUM.

A. DIE ZELLE UND IHRE BESTANDTEILE. 3.

Chlorofyllkörner, Turgor, Plasmolyse.

Objekt: Moosblatt (von *Mnium cuspidatum* Hedw.)[1]).

Das Blatt besteht, abgesehen von der Mittelrippe, aus einer Platte, die nur eine Zelle dick ist. Die Hauptmasse der Zellen ist mehr isodiametrisch[2]). Ränder und Mittelrippe bestehen aus mehr gedehnten Zellen; letztere haben sichtbar dickere Wände als die übrigen (mechanische Function). Gewöhnlich sieht man in dem plasmatischen Wandbeleg aller Zellen des Blattes **Chlorofyll-**[3]) oder **Blattgrünkörner**, welche als lebende Plasmateile betrachtet werden. In vielen von diesen findet man wieder kleinere Körperchen, welche, wie sich ergibt, wenn man sie nacheinander mit 10 % Kali, verdünnter Essigsäure, sehr verdünnter *J JK*-Lösung behandelt, aus einer amyloïden Substanz[4]) bestehen (gebildet durch Assimilation von *C*).

---

1) Verschiedene andere Moose sind jedoch auch geeignet.

2) Von *iso* (ἴσος) = gleich und *diameter* (διάμετρος) = Durchmesser; also Zellen, die nach verschiedenen Richtungen etwa gleich gross sind.

3) Von *chloro* (χλωρός) = grün, und *fyllon* (φύλλον) = Blatt.

4) Von *amylos* (ἄμυλος) = nicht durch Mahlen gewonnenes (sc. feines Mehl), und *idos* (εἶδος) = Aussehen, Gestalt; also ein Stoff der feinem Mehl gleicht. Vergl. kristalloïd, kristallartig.





Wenn man die Blättchen in eine 10 % KNO_3 Lösung legt, sieht man das Plasma sich allmählich von der Wand lösen, zuerst an einigen Stellen, dann beinahe überall, wobei es mit der Vacuole, die es stets umhüllt, mehr und mehr die Form einer Kugel annimmt und diese schliesslich, soweit man es sehen kann, erreicht. Legt man nach Eintritt dieses Zustandes das Blättchen wieder in Wasser, so sieht man, dass das Plasma sich wieder ausdehnt und an die Zellwand anlehnt. Das Chlorofyll, welches bei der Plasmakontraktion mitgezogen wurde, nimmt jetzt seine ursprüngliche Lage nicht wieder sofort ein. Derartige Erscheinungen hat man bei allerlei Zellen mit dünnen und zarten Wänden (den später noch eingehender zu besprechenden Parenchymzellen) beobachtet.

Analog mit dem, was man bei Versuchen ausserhalb der Pflanzenwelt sieht, nimmt man gewöhnlich an, dass das Plasma (wenigstens eine Schicht desselben) sich wie eine sog. „halb durchdringbare Haut" verhält, durch welche „osmotische" Erscheinungen stattfinden.

Die Verminderung des Volumens, welche die vom Plasma umhüllte Vacuole erfährt, würde, wenn dieser Vergleich richtig ist, darauf beruhen, dass 1) die Salpeterlösung eine grössere Anziehung auf Wasser ausübt, als der in der Vacuole enthaltene Zellsaft, 2) dass das Plasma zwar leicht Wasser durchlässt, aber viel schwerer die darin aufgelösten Stoffe. Die Salpeterlösung dringt dann leicht durch die Zellenwand hin, diese ist für die Lösung „ganz durchdringbar". Ferner entzieht sie dem Plasma Wasser, und wenn dieses von der Vacuole aus ergänzt wird somit schliesslich auch der Vacuole selbst. Das Volumen der Vacuole sowie des darum liegenden plastischen Protoplasma nimmt infolge dessen ab, bis die Anziehung des Wassers zu

beiden Seiten der Plasmaschicht gleich geworden ist. Wenn die Concentration der ausserhalb der Zelle vorhandenen Lösung gross genug ist, so geht diese Contraction so weit, bis das Plasma sich ganz von der Wand gelöst und — da die ringsum einwirkenden Kräfte gleich sind — bis es die Form einer Kugel angenommen hat. Eine Zelle, deren Plasma von der Wand gelöst ist, nennt man **plasmolytisch**[1]). Bei einer solchen Zelle übt der Inhalt keinerlei Spannung auf die Wand aus. Unter normalen Umständen kommt es jedoch oft vor, dass sich die Wand infolge der Spannung, welche der Inhalt darauf ausübt, ausdehnt. Man nennt solche Zellen **turgescent**, die Spannung selbst den **Turgor**[2]). Dieser Turgor hat auf den Grad der Festigkeit der Pflanzenteile, die nach der Art ihrer Zellwände ganz schlaff sein würden, grossen Einfluss. Turgescente Teile werden bei einiger Verminderung des Volumens schlaff, so bald man durch Verdampfung oder durch plasmolysirende Flüssigkeiten den Turgor verschwinden lässt. — Vergl. damit die Consistenz des Schlauches einer Feuerspritze, der mit gewöhnlichem Wasser und mit Wasser unter Druck gefüllt ist.

---

1) Plasmolyse bedeutet wörtlich: Loslösung des Plasma, von *plasma* und *lysis* (λῦσις) = Lösung; vergl. Analyse.

2) *Turgor* = Schwellung, Anschwellung; *turgescent*, Part. praes. v. turgescere, schwellen, anschwellen.

4es PENSUM.

A. DIE ZELLE UND IHRE BESTANDTEILE. 4.

Stärke- und Aleuron-Körner [1]).

Objekte: Erbsensamen, Kartoffelknollen, Hafer- und Weizenkörner.

Beide Arten von Körnern sieht man zunächst in den Zellen der Samenlappen der Erbse. Grössere Körner in dem Plasmakörper sind Stärke-, kleinere Aleuronkörner.

Stärke oder **Amylum** ist eine der allgemeinsten Formen, unter welchen Nahrungsstoffe, die *C* enthalten als Körner in Zellen aufgehoben werden. (Siehe für das Bild von ein Paar Arten: *Sieben Objecte* etc. [2]). Stärke kommt jedoch nicht nur als Reservenahrung in Samen oder andern Reproductionsorganen vor, sondern auch an zahlreichen andern Stellen. So bestehen auch die grösseren Körner aus dem Plasmakörper der *Tradescantia*-Haare wenigstens grösstsenteils aus Stärkekörnern. Durch *J* wird Stärke blau; die Farbe wird oft so stark, dass die Körner fast kein Licht durchlassen und schwarz scheinen.

Bei Kartoffelstärke lernen wir ferner halbzusammengesetzte und bei Haferkörnern ganz zusammengesetzte Amylumkörner kennen.

Mehr zusammengesetzter Nahrungsstoff, der *C* enthält, findet sich in den **Aleuronkörnern** (Proteïnkörnern). Diese bestehen eigentlich nicht aus einem bestimmten chemischen

---

1) Das griechische Wort *aleuron* (ἄλευρον) = feines Mehl.

2) Sieben Objecte unter dem Mikroskop. Einführung in die Grundlehren der Mikroskopie von Dr. E. GILTAY. Leiden, E. J. BRILL.

Körper, sondern haben eine zusammengesetztere Natur (bisweilen kommen noch verschiedene andere Körper darin vor) und verhalten sich bei verschiedenen Pflanzen durchaus nicht gleichmässig. Gemeinsam ist diesen allen nur, dass sie Reactionen von eiweissartigen Körpern zeigen, wesshalb man annimmt, dass diese darin vorkommen; bei einzelnen Arten hat man auf makrochemischem Wege nachgewiesen, dass sie *N* enthalten.

Die Aleuronkörner der Erbse werden, wie dies öfters der Fall ist, durch Wasser angegriffen; deshalb betrachtet man sie besser in concentrirter Glycerine. Von Eiweissreactionen sehen wir die Braunfärbung mittels *J* [1]) und die gelbfärbung mittels concentrierter Pikrinsäure (Diese färbt Stärke nicht).

In Zellen, die reichen Inhalt haben, ist es nicht leicht den Kern zu finden. Dass er jedoch vorhanden ist, können wir leicht nachweisen, da er sich Z.B. durch Methylgrün-Essigsäure [2]) grün färben lässt. Bei Weizenkörnern können wir uns weiter davon überzeugen, dass Aleuron in einer Zellenschicht dicht unter der Schale vorhanden ist. Dasselbe ist bei allen Getreiden der Fall. In derselben Schicht finden wir bei dem „schwarzen Roggen" [3]) auch den blaugrünen Farbstoff, welcher den Körnern dieser Varietät ihre Farbe verleiht. (NB. nicht in Wasser betrachten!).

---

1) Man benütze eine Lösung, die auf 25 Teile Wasser 1 Teil der Lösung: 25 H_2O, 35 *IK* und 3 *I* enthält.

2) In 1—2 % Essigsäure wird soviel Methylgrün aufgelöst bis die Flüssigkeit in einer Schicht von ein paar Cm. Dicke dunkel-blaugrün erscheint und dieselbe dann filtriert.

3) Der Schwarze Roggen ist eine neue Rasse die an der Hochschule zu Wageningen gewonnen wurde und daselbst zu bekommen ist. Siehe Pringsheim's Jahrb. Bd XXV, S. 502.

5es PENSUM.

A. DIE ZELLE UND IHRE BESTANDTEILE. 5.

Kristalle, Farbstoffe, Kautchukkörner, Zucker.

Objecte: Stengel oder Blätter von *Tradescantia* und *Ficus*, abfallende Blätter einiger Bäume, Blüten eines Veilchens und der Goldblume, eine Birne, Knollen einer Zuckerrübe.

Ausser Stärke findet man sehr häufig Kristalle, besonders von oxalsaurem Kalk als Inhaltsbestandteile in den Zellen. In *Tradescantia*-Zellen sieht man z. B. Kristallnadeln (Rafiden [1])), im Gewebe von vielen Blättern, welche im Begriffe sind herabzufallen, Kristallsterne.

Die Farbe der Blumenkronen ist entweder eine Folge besonderer Farbstoffkörper oder eines Stoffes, welcher im Zellsaft gelöst ist. Wir sehen die gelben Körner in den Blütenblättern der Goldblume und den violetten Saft in den Zellen der Blütenblätter eines Veilchens. Bei letzterer Pflanze beobachten wir auch die kegelförmigen Auswüchse, welche sich auf der Aussenseite der Oberhaut befinden und welche speziell vielen Blütenblätter eigen sind.

Kautschukkörner sehen wir im Milchsaft der *Ficus elastica*.

Zucker finden wir bei vielen Zellen im Zellsaft.

Glycose weisen wir im Gewebe einer Birne nach, indem wir dieses unter Hinzufügung eines Tropfens der FEHLING'schen Lösung so lange unter einem Deckglase erhitzen, bis die Flüssigkeit zu kochen beginnt. Wir sehen dann den bekann-

---

1) *Rafis* (ῥαφίς, gen. ῥαφίδος) = Nadel.

ten Niederschlag erscheinen, der, unter dem Mikroskop betrachtet, sich als aus sehr kleinen stark brechenden Kristallen bestehend erweist.

Gewebe einer Zuckerrübe zeigt bei derselben Behandlungsweise keine oder kaum eine Reaction. Dagegen tritt diese wieder auf, wenn man den Durchschnitt zuerst, bis die Flüssigkeit zu kochen anfängt, unter Hinzufügung eines Tropfens verdünnter Schwefelsäure erhitzt, mit Kali neutralisiert und dann mit FEHLING'scher Lösung erwärmt. Saccharose ist dann invertiert.

6es PENSUM.

B. ZELLENFORMEN.

Die lebende Zelle kann sehr verschiedene Formen in der Pflanze annehmen. Die wichtigsten derselben sollen hier etwas näher dargelegt werden.

Vorher muss ich jedoch noch einmal hervorheben, dass die Zelle auch absterben kann, ohne dass sie deshalb aufhört für die Pflanze, in der sie vorkommt, nützlich zu sein. Bei Zellen, welche einen natürlichen Tod gestorben sind, kann dass Protoplasma ganz verschwunden sein.

a. Parenchym [1]).

α. Die wichtigsten typischen Formen.

Objekte: Schneebeere, Birne, Stengel einer *Juncus*-Sorte.

Alle Botaniker sind wohl darüber einig, dass Zellen, welche

---

1) *Parenchym*, ein alter technischer Ausdruck (aus παρ·εν-χυμός) der etwa bedeutet: das im Saft (sc. Gefundene).

eine dünne, „unverholzte" oder „unverkorkte" Wand haben und welche nicht zugleich sehr gedehnt und zugespitzt (faserförmig) sind, **Parenchymzellen** genannt werden. Diese Benennung wird auch noch auf andere Zellenarten angewandt; allein darüber herrscht keine völlige Uebereinstimmung. Von diesen Fällen werden wir später noch einige kennen lernen. Vorläufig betrachten wir nur Zellen, die jeder zu dem Parenchym rechnet.

Zellen aus dem äussern Fruchtfleisch der Schneebeere (*Symphoricarpus racemosus*).

Diese bilden kaum ein zusammenhängendes Ganzes, ein **Gewebe**[1]). Sie hängen teilweise so lose zusammen, dass, wenn man sie in einen Tropfen Wasser auf das Objektglas legt, manche ohne weiteres schon aus einander fallen, die meisten der übrigen aber durch Bewegung mit einer Nadel sich ziemlich leicht trennen lassen. Reife Früchte, welche diese Eigentümlichkeit haben, nennt man daher im täglichen Leben sehr bezeichnend „mehlig".

An den Zellen der Schneebeere kann man schon gleich sehen, das jede Zelle ihre eigne Wand hat. Die meisten sind, wie dies bei typischen Parenchymzellen gewöhnlich der Fall ist, fast isodiametrisch (S. Notiz auf S. 10). Innerhalb der

---

1) Dieser sowohl in der Pflanzen- als in der Tierkunde allgemein gebräuchliche Ausdruck beruht auf einer unrichtigen Vorstellung. GREW, einer der Gründer der „innern Morphologie" (Anatomie, Histologie), von dem auch die Bezeichnung „Parenchym" herrührt, meinte, das in dem Stamm der Bäume ausser Fasern, parallel mit der Achse, in Flächen senkrecht zu dieser auch Fäden vorkommen, und dass alle diese, auf eine bestimmte Weise ineinander verflochten (etwa wie die Weiden bei einem Korbe) zusammen die Wände bilden, wodurch die verschiedenen Hohlräume in der Pflanze (z.B. auch die Zellhöhlungen des Markes) von einander getrennt werden. NEHEMIAH GREW, Anatomy of plantes 1682, Tafel XL, Seite 121.

Wand besteht die Hauptmasse aus Zellsaft. Das Plasma können wir aus bekannten Gründen am besten sehen, wenn wir die einfallenden Lichtkegel etwas verengen. Wie immer hüllt das Plasma den Zellsaft ringsum ein; hie und da laufen jedoch wie bei *Tradescantia* ausserdem noch einige Plasmafäden durch den Zellsaft hindurch. In dem Kern sieht man gewöhnlich ganz deutlich das Kernkörperchen. In 10 % Kaliumnitrat wird die Zelle plasmolytisch. Wenn man Zellen in verdünnte *J JK*-Lösung legt, werden Plasma und Kern sehr deutlich gelb; dies geschieht auch (da es *J* enthält) durch das Reagens von SCHULZE [1]). Wir sehen dabei zugleich, dass die Wand sich mehr oder weniger blau färbt, ein Beweis, dass kein „Holz"- oder „Kork"-stoff darin ist (diese färben sich durch SCHULZE's Reagens gelb), sondern dass sie vermutlich nur aus einer cellulose-artigen Substanz besteht, oder aus einer Mischung von „Cellulose" und „Pectose" [2]).

Zellen aus dem Fleisch der Birne.

An den meisten Stellen stehen die aneinander grenzenden Zellen so eng in Verbindung mit einander, dass sie auf mechanische Weise nicht von einander zu trennen sind. Nur an Stellen, wo mehr als zwei Zellen zusammenstossen, schliesen sie nicht an einander an, sondern begrenzen zwischenzellige (interzelluläre) Hohlräume. Dass jedoch diese Wand nicht homogen ist, bemerken wir wenn wir einen Schnitt etwa eine Stunde lang in 20 % Chromsäurelösung liegen lassen.

---

1) SCHULZE's Reagens besteht aus einer Lösung von *JK*, *J* und $Zn\,Cl_2$ in Wasser. Eines der Rezepte ist: I. 40 g $Zn\,Cl_2$ in 20 Cm³ Wasser; II. 0,7 g *J* + 2,7 g *JK* in 6 Cm³ Wasser. Man mische 3 Teile von I mit 1 Teil von II, schüttle gut, lasse es 1/4 Stunde stehen und filtriere es durch Glaswolle.

2) Uber solche Wandstoffe auf S. 34 Näheres.

Der mittlere Teil der Wand (der den angrenzenden Zellen gemeinschaftlich angehört und von einigen **Intercellularsubstanz** genannt wird) ändert sich dann derart, dass die Zellen, jede von einer eignen Wand umgeben, mit einer Nadel wenigstens teilweise wieder von einander gelöst werden können.

Zellen aus dem Stengel von *Juncus*-Arten.

Das centrale Gewebe hat hier viel grössere Intercellularräume, sonst sind die Zellen, wie gewöhnlich, fest verbunden. Die ganze Zelle hat Auswüchse nach verschiedenen Richtungen, sodass sie gleichsam strahlenförmig wird; die Auswüchse der angrenzenden Zellen stossen auf einander und sind verwachsen.

7es PENSUM.

B. ZELLENFORMEN. 2.

a. Parenchym.

β. Vom Typus abweichende Formen.

Objekt: Samen von *Ornithogalum umbellatum*, eine Birne.

Wenn isodiametrische Zellen eine verdickte Wand haben, wenn diese ganz oder teilweise „verholzt" oder sogar „verkorkt" ist, auch wenn solche Eigenschaften vereinigt vorkommen, so schwankt der Gebrauch in Bezug auf die Nomenclatur. Einige sprechen auch in diesem Falle von „Parenchym", während andere in solchen Fällen bestimmte Benennungen zu vermeiden scheinen und nur von Zellen reden, deren Eigen-

schaften, durch Adjektive näher bezeichnet werden, z.B. dickwandige Zellen, verholzte Zellen, Zellen des Endosperms.

Endosperm von *Ornithogalum umbellatum.*

Wir lassen ein Samenkorn dieser Pflanze einige Stunden lang in Wasser weichen und schneiden es dann zwischen Kork geklemmt.

In dem Durchschnitt sehen wir innerhalb der braunen Samenhaut hauptsächlich Zellen mit einer ziemlich dicken Wand und stark körnigem Inhalt (die Zellen des sogen. *Endosperms*).

Diese Zellen bilden ein sehr geeignetes Objekt, daran die dünnen Stellen in der Wand, die **Tüpfel(kanäle**) und die verschiedenen Bilder, welche diese darbieten können, kennen zu lernen. Wir sehen hier auch die **Mittellamelle** in der gemeinschaftlichen Wand zweier Zellen. In der Verlängerung dieser Lamelle befindet sich die **Schliesshaut** des Tüpfelkanales.

Die Wände solcher Endospermzellen lassen sich durch SCHULZE's Reagens gleichfalls und zwar ziemlich leicht rötlichviolet färben, was wieder auf eine celluloseartige Substanz hindeutet.

Verdickte Zellen aus dem Fruchtfleisch der Birne.

In dem dünnwandigen Gewebe dieser Frucht findet man zahlreiche Gruppen dickwandiger Zellen, die auch leidlich isodiametrisch sind. In der Wand sehen wir ziemlich feine Tüpfel, welche oft deutliche Verastelungen haben. Wo die Zellen aneinander grenzen, schliessen auch, wie gewöhnlich, die Tüpfel auf einander.

Die Wand färbt sich mit SCHULZE's Reagens gelb, ein Beweis, dass sie keine reine „Cellulose"-wand mehr ist. Dass diese Wände als „verholzt" betrachtet werden müssen, ergibt sich, wenn man den Querschnitt in eines der Holzstoff-Reagentien, z.B. in 4 % Schwefelsäures-Aniline 10 % Schwefelsäure legt; die betreffenden Zellwände werden dann gelb.

Viele geben solchen isodiametrischen Zellen mit verdickten und verholzten Wänden einen besondern Namen, z.B. **Steinzellen**, andere nennen sie **Sklereïden**,[1]) **Brachysklereïden**[2]) oder zählen sie sogar zu dem **Sklerenchym**. Näheres hierüber später.

8es PENSUM.

B. ZELLENPORMEN. 3.

a. Parenchym.

β. Vom Typus abweichende Formen. 2.

Objekte: Zweige von Goldregen, Kartoffelknollen.

Korkzellen.

Diese werden speziell von dem Parenchym gesondert. Gewöhnlich geschieht dies schon, indem man sie mit ihrem eignen Namen, **Korkzellen**, andeutet. Wenn es sich jedoch darum handelt, sie irgendwo systematisch einzugliedern, so zieht man sie am besten zu dem Parenchym, wozu sie

1) *Skleros* (σκληρός) = hart.
2) *Brachys* (βραχύς) = kurz.

denn auch zuweilen nach gerechnet werden. Wir betrachten zwei Formen und zwar zunächst in dem:

Stengelquerschnitt des Goldregens (*Cytisus Laburnum*).

An der Aussenseite des Stengels befindet sich ein Gewebe, mehrere Zellen dick, dessen radiale und tangentiale Wände im Querschnitt betrachtet in regelmässigen Reihen liegen; auch schliessen sie ohne Intercellulare an einander. Dies sind die erwähnten Korkzellen, die für viele Pflanzenteile eine Schutzlage an der Aussenseite bilden und speziell eine zu starke Verdunstung verhindern.

Ebenso wie man über die chemische Zusammensetzung der „Cellulose" und der „verholzten" Membran noch nicht viel Bescheid weiss, so auch nicht über die „Korkzellen". Man versteht unter „verkorkten" Wänden dann auch keineswegs solche, welche aus einem einzigen, bestimmten chemischen Stoff, Korkstoff, bestehen, sondern nur Wände, welche sich durch gewisse Eigenschaften von „Cellulose-Wänden" unterscheiden und welche man nur bei Zellen beobachtet hat, die offenbar eine schützende Rolle erfüllen.

Bei den meisten Korkzellen ist die Wand nicht über die ganze Dicke hin verkorkt; es finden sich vielmehr auch noch Cellulose-Platten oder Holzschichten darin. Dennoch redet man hier von Korkzellen, da der Korkstoff hauptsächlich die Funktion der Zelle zu bestimmen scheint. Kork besteht oft aus abgestorbenen Zellen, mit Luft als hauptsächlichem Inhaltsbestandteil; solche „Zellskelette" können deshalb doch ihre Funktion des Schutzes auch nach dem Tode des Plasmakörpers erfüllen, denn diese ist von dem Leben des Inhaltes unabhängig.

Man kann den Kork gewöhnlich an der eigentümlichen, regelmässigen Anordnung in radialen und tangentialen Reihen und an dem engen Anschluss der Zellen erkennen. In zweifelhaften Fällen nimmt man zu Korkstoffreactionen seine Zuflucht, wobei sich folgendes ergiebt:

SCHULZE-Reagens färbt Korkstoff gelb (freilich zuweilen schwach; die Färbung gelingt hier deutlich wenn man die Schnitte, resp. den Zweig zuerst in Alcohol legt), obgleich Holzstoff-Reagentien keine Färbung verursachen. Eines der eigentlichen Korkstoff-Reagentien ist Kali, welches die Wände gelb färbt, und, wenigstens bei schwacher Erwärmung, den Korkstoff mit eigentümlicher Körnelung aus den Wänden löst.

Querschnitt der Kartoffelschale.

Der Kork hat hier die dünnen Wände, die bei diesem Gewebe mehr gewöhnlich gefunden werden.

Oberhautzellen c. a.

Ausser Korkzellen kann man zur Not noch die **Oberhaut-(Epidermis** [1]**)zellen** zu dem Parenchym rechnen, und zwar mit Einschluss der *Schliesszellen* der Spaltöffnungen, und der Zellen, welche verschiedene Haare aufbauen. Dann und wann werden wir einige dieser Zellen zu sehen bekommen. An der Oberhaut werden wir dann auch die äusserste Membranschicht, die sich ähnlich wie eine verkorkte Lamelle beträgt, die sogen. **Cuticula** [2]), kennen lernen.

---

1) Von *epi* (ἐπί) ober und *derma* (δέρμα) = Haut; vgl. pachydermen, Dickhäuter.
2) Von *cutis*, Haut.

9es PENSUM.

B. ZELLENFORMEN. 4.

b. Faserzellen (Prosenchym).

Objekt: Blattstiel der Flieder (*Sambucus nigra*).

Fasern sind gestreckte zugespitzte Zellen. Ein allgemeiner Name für solches Gewebe ist auch: **Prosenchym**. Die beiden dickwandigen Arten sind: *Collenchym* und *Sklerenchym*(*-Fasern*).

α. Collenchym [1]).

Wir finden das **Collenchym** bei dem Blattstiel der Flieder an einigen Stellen unter der Oberhaut. Diese Form stellt den Typus sehr gut dar. Die Zellen sind alle stellenweise verdickt, oft nur in den Zellenecken. In den dicken Teilen der Wand sind keine Tüpfelkanäle. Die Wände sind nicht verholzt oder verkorkt. In den Zellen ist deutlich Plasma zu erkennen, dagegen fehlen gewöhnlich intercelluläre Hohlräume und dem entsprechend auch das Chlorofyll. Aus dem Fehlen von Horizontalwänden lässt sich schon folgern, dass wir keine isodiametrische Zellen vor uns haben, sondern Elemente, welche in der Richtung der Achse des Pflanzenteiles gestreckt und an den Enden zugespitzt sind. Für die Art des Bildes sehe man mein *Sieben Objecte* etc. S. 45 und folg.

Collenchym dient zur Stütze. Dass es für diese Function geeignet ist, geht zunächst hervor aus Experimenten, welche

---

1) Von *kolla* (κόλλα) Leim und χυμός, das, wie wir beim Parenchym sahen, ursprünglich Saft bedeutet, aber dessen eigentliche Bedeutung man vergessen zu haben scheint und jetzt in dem Sinn „Zellen" gebraucht. Uebrigens hat das Gewebe, auf welches man diesen Ausdruck jetzt anwendet, mit Leim nichts zu schaffen.

einen ziemlich hohen mechanischen Wert [1]) der Collenchymbündel nachgewiesen haben. Weiterhin aber lehrt die Beobachtung dass es für die Erfüllung seiner Function gewöhnlich eine sehr günstige Stelle einnimmt; so z. B. bei Organen, welche gegen eine Umbiegung konstruirt werden müssen, an der Oberfläche derselben.

Bei Pflanzen, welche noch in die Länge wachsen, ist dies die einzige Form, unter welcher mechanisches Gewebe auftritt. Dies hängt wohl damit zusammen, dass die Zellen, welche die Collenchymbündel zusammensetzen, noch wachsen können, was bei Sklerenchym, wie wir sehen werden, nicht der Fall ist.

Es ist verlockend zwischen Bau und Funktion folgende Beziehung zu sehen: Verdickte Wand: Stütze; lebender Inhalt: Wachstum; keine intercelluläre Hohlräume: Anhäufung mechanischen Stoffes, sowie geringes Bedürfnis für schnellen Gaswechsel; Verdickung nur stellenweise: leichtere Durchlassungsfähigkeit der dünnen Stellen für Nahrung, die zum Wachsen nötig ist (grosse Tüpfelkanäle so zu sagen). Die ersten drei Glieder dieser Gleichung werden wohl richtig sein, das letzte ist aber ganz hypothetisch.

---

1) Ein Factor, auf den es bei der Bestimmung des mechanischen Wertes von Material sehr ankommt, ist das *Tragvermögen innerhalb der Elasticitätsgrenze.* Für Schmiedeisen in Stäben z.B. beträgt dies per Mm.^{2} Durchschnitt circa 13 Kgr.; die Verlängerung ist 0,67 ‰. Bei Collenchym von *Levisticum officinale* ist dieser Wert etwa 2 Kgr. per Mm.^{2}; die Verlängerung etwa 0,5 %. Schmiedeisen in Stäben bricht erst bei circa 40 Kgr., das erwähnte Collenchym bei 12 Kgr., alles wieder per Mm.^{2} berechnet. In einigen andern Fällen wurden beim Collenchym ähnliche Werte gefunden. Bei den wachsenden Pflanzenteilen, welche man bisher hierauf untersuchte, hat man gefunden, dass dieses unter der Oberfläche befindliche Gewebe durch das Wachsen der andern Zellen passiv ausgedehnt wird, und dass es dann einigermassen dieselbe Rolle spielt, wie die Wand eines Schlauches, in welchem eine Flüssigkeit unter Druck steht.

Auf einem Längsschnitt können wir deutlich sehen, dass die Zellen gestreckt und zugespitzt sind, auch nehmen wir wahr, dass sich in den dünnen Teilen der Wand wieder noch dünnere Stellen, Tüpfel, befinden.

10es PENSUM.

B. ZELLENFORMEN. 5.

b. Faserzellen (Prosenchym). 2.

β. *Sklerenchym (-Fasern).*

Objekt: Stengel des Mais (*Zea Mays*).

Der Ausdruck **Sklerenchym** wird, wie bereits bemerkt, wohl auf alle Zellen mit verdickter, verholzter Wand angewandt. Hieraus ergiebt sich, was Sklerenchym-Fasern sind; der Ausdruck Sklerenchym wird jedoch auch nur für Sklerenchym-Fasern verwendet.

Auf dem Querschnitt des Maisstengels sehen wir zunächst innerhalb der Oberhaut eine Platte dieser Fasern, welche jedoch hie und da unterbrochen ist; ferner in einer parenchymatischen Grundmasse, besonders nach auswärts, Gruppen Zellen verschiedener Art, sog. **Gefässbündel**. Letztere bestehen, wenn man von aussen anfängt, zuerst aus einer Scheide derselben Fasern, welche Scheide an der periferischen und der centralen Seite des Gefässbündels gewöhnlich am stärksten entwickelt ist.

An den einzelnen Fasern beobachten wir zunächst, dass die Wand ringsum gleichmässig verdickt ist. Auch hier können wir

weiter schon aus dem Querschnitt folgern, dass die Zellen gestreckt und zugespitzt sein müssen. Die Grösse ist sehr verschieden, was wahrscheinlich gleichfalls eine Folge der Zuspitzung ist. Ziemlich deutlich ist die Mittellamelle, hier und da auch ein einzelner Tüpfelkanal. Vielleicht wird alles noch deutlicher, wenn wir *J JK* auf den Schnitt einwirken lassen; wir nehmen dann vielleicht in einigen Fasern auch einen Kern wahr, obschon im allgemeinen nur sehr wenig geformter Inhalt vorhanden ist. Bei Sklerenchym kann jedoch der Inhalt absterben, ohne dass deshalb die Faser zu functionieren aufhört.

Unter Benützung von Schwefelsäure-Aniline überzeugen wir uns zunächst, dass die Wände verholzt sind; wir benützen ferner noch ein anderes Holzstoff-Reagenz, Floroglucine und Salzsäure, welches sklerotische Wände rot färbt, Cellulose- und Kork-Wände dagegen nicht färbt.

Längsschnitte könnten uns allerdings die Möglichkeit gewähren, uns von der Form des Sklerenchyms näher zu überzeugen. Wir schlagen hier einen bequemeren Weg ein, indem wir die Gefässbündel mit einer Pincette aus ihrer Umgebung reissen und dieselben dann eine Stunde lang in eine 20% Chromlösung zum Macerieren legen. Dann spülen wir die Chromsäure ab und ziehen den Gefässbündel mit Nadeln auseinander. Jetzt können wir die Faserform des Sklerenchym sehen, und auch wahrnehmen, dass die Tüpfelkanäle spaltenförmig sind, die sich, von aussen betrachtet in Bezug auf die Achse von einer in aufrechter Richtung gerade vor uns gedachten Faser, von links unten nach rechts oben neigen: eine allgemeine Eigenschaft der Sklerenchymfasern. Diese Tüpfelkanäle sind zuweilen in nicht-macerierten Fasern deutlicher. Die Lage der Fasern entspricht so ziemlich der Stelle, die man ihnen geben

würde, wenn man eine gewisse Menge mechanisches Material in einem Organ wie dem Maisstengel so anbringen müsste, dass dieser dadurch möglichst stark vor Umbiegung geschützt wäre. Es ist übrigens eine sehr allgemeine Erscheinung, dass bei Organen, welche wie der Maisstengel zur Verhütung der Durchbiegung gebaut sind, das mechanische Gewebe an der Oberfläche aufgehäuft ist, es sei denn, dass aus andern, gewöhnlich auch ersichtlichen Gründen eine Abweichung hiervon eintrat.

Das Sklerenchym ist das gewöhnliche mechanische Material der Pflanzenteile, deren Wachstum in der Richtung der Fasern beendet ist. Der Wandstoff hat hier einen noch viel höheren mechanischen Wert als beim Collenchym und ist dem von vielen Sorten Eisen und Stahl gleich [1]).

Dass jedoch auch sehr hartes Gewebe völlig unverholzt sein kann, zeigen die Zellen des vegetabilischen Elfenbeins (Endosperm einer Palme).

11es PENSUM.

B. ZELLENFORMEN. 6.

c. *Gefässe*,

zerfallen in 3 Hauptarten: *Holz-*, *Sieb-* und *Milchsaftgefässe*.

α. Holzgefässe (im *Holzteil* oder *Xylem* [2]) von Gefässbündeln).

Objekte: Stengel vom Mais (*Zea Mays*) und vom Hanf (*Cannabis sativa*).

1) Man hat eine Tragkraft von 25 Kgr. per Mm.² innerhalb der Elasticitätsgrenze wahrgenommen, was lange Zeit auch die Grenze für Stahl bildete. Jetzt hat, soviel ich weiss, der BÖHLERstahl (Tragkraft innerhalb der Elasticitätsgrenze circa 40 Kgr.) das bekannte Pflanzenmaterial übertroffen.

2) *Xylem* von xylon (ξύλον) Holz; vgl. Xylografie, Holzschneidekunst.

Holzgefässe sind entstanden aus Zellen, die in der Längsrichtung an einander schliessen. In ausgewachsenem Zustande verlieren sie ihren Plasmainhalt und enthalten dann nur noch Flüssigkeit und eine gewisse Menge Luft. Ehe der Inhalt der Zellen jedoch abstirbt, treten an der Innenseite der Längswände Verdickungsleisten auf; nach den Formen dieser letztern teilt man die Holzgefässe hauptsächlich in 3 Arten ein: **Ring-, Schrauben-** oder **Spiral-** [1]) und **Netzgefässe.**

Wenigstens die Verdickungsleisten der Gefässe sind stark verholzt. Sie dienen offenbar dazu, die Wand ausgespannt zu erhalten und sie vor Zusammendrückung durch angrenzende noch lebende Zellen zu schützen. In dieser Vermutung wird man verstärkt, wenn man sieht, dass Gefässe, deren Verdickungsleisten etwas weit auseinander liegen, manchmal von angrenzenden Zellen wirklich zugedrückt werden. Wir werden jedoch auch sehen, dass in einem gewissen Stadium der Entwicklung, angrenzende Zellen dennoch durch sehr kleine nicht verdickte Stellen hin in die Gefässhöhlungen zuweilen hineinwachsen.

Bei Schraubengefässen ist die Zahl und Steigung der Verdickungsleisten verschieden. Besonders die Netzgefässe werden in noch zwei Arten gesondert: gewöhnliche und *gehöft getüpfelte* Netzgefässe, je nach Querschnittsform der Verdickungsleisten. Ring und Schraubengefässe sind besonders die Gefässe der Teile, welche in der Längsrichtung dieser Elemente noch nicht ausgewachsen sind; Netzgefässe entstehen erst, wenn dieses Wachstum zu Ende ist, beides aus leicht begreiflichen Gründen.

Bei Holzgefässen findet man manchmal in den Querwänden

1) Die Benennung Spiralgefässe ist eigentlich nicht richtig aber wird öfters gebraucht.

(welche jedoch zuweilen auch sehr schief stehen) grössere oder kleinere Durchbohrungen, die aber auch bisweilen fehlen. In ersterem Falle kann man sagen dass **Tracheen**[1]), in letzterem Falle, dass **Tracheïden**[2]) vorhanden seien.

Holzgefässe dienen wahrscheinlich dazu, die von den Wurzeln eingezogene Flüssigkeit aufwärts zu führen. Dass dem so ist, ergibt sich aus verschiedenartigen Wahrnehmungen. So kann man z.B. bei manchen Pflanzen aus quergeschnittenen Stengeln in einem bestimmten Teil des Jahres bisweilen einige Tage lang Flüssigkeit aus den grossen Gefässen hervorquellen sehen.

Wir betrachten jetzt noch einmal den Querschnitt des Maisstengels, um nun speciell auf die Bündel der Gefässe, die **Gefässbündel** zu achten. In der Sklerenchymscheide findet man an der centralen Seite den sogenannten **Holzteil, Gefässteil** oder das **Xylem**, welches die Holzgefässe der Gefässbündel enthält, worin jedoch, wie gewöhnlich, auch noch Parenchymzellen vorkommen. Die 3 oder 4 grösseren Gefässe liegen hier, wie gewöhnlich bei Monocotylen, in ein V; zwei derselben sind meistens sehr weit; etwa am Schnittpunkt der Linien ist bei mehr centralen Gefässen auch ein ziemlich grosser Intercellularer Hohlraum. Wir überzeugen uns, dass die Wände durch schwefelsäures Aniline gelb gefärbt werden, und suchen später

---

1) GREW, einer der Begründer der Pflanzenanatomie, meinte, dass die Holzgefässe gewöhnlich nur Luft enthielten; wegen ihrer äusserlichen Aehnlichkeit mit den Tracheen der Insekten wurde dieser Name auf sie übertragen. Trachee kommt von *trachus* (τραχύς) = uneben.

2) Tracheïde wieder von Trachee und eidos (vgl. S. 10 Notiz 4), also: das Aussehen einer Trachee habend.

Diese Nomenclatur (von ROTHERT herrührend) ist noch sehr jung aber empfiehlt sich sehr. Früher nannte man meistens die offenen Gefässe Tracheen oder Gefässe, die geschlossenen Tracheïden. Als allgemeine Benennung könnte dann tracheale Elemente gebraucht werden; hierfür ist *Gefässe* jedoch viel bequemer.

in einem macerierten Gefässbündelstück dieselben Holzgefässe auf. Wir erkennen hier leicht wieder die Glieder der beiden weiten Gefässe und sehen, dass es Netzgefässe, und zwar Tracheen, aber keine Tracheïden, sind. Auch sehen wir die Ringe der durch das Wachstum zerrissenen Ringgefässe die in dem intercellulären Hohlraum liegen. Wir überzeugen uns ferner, dass wir auch auf dem Querschnitt die Netzgefässe an dem optischen oder wirklichen Durchschnitt der Längsverdickungleisten wieder kennen können; auch die Ringe und Schraubengefässe sind in günstigen Fällen auf dem Querschnitt zu unterscheiden. Schliesslich suchen wir in macerierten und dann im Wasser zerteilten radialen Schnitten des Hanfes Schraubengefässe, und achten besonders auf die sehr dünnen nicht verdickten Teile der Wand.

12es PENSUM.

B. ZELLENFORMEN. 7.

β. *Siebgefässe* (im *Siebteil* oder *Floem* des Gefässbundels).

Objekt: Stengel von Mais und der Zaunrübe (*Bryonia dioica*).

In jedem vollständigen Gefässbündel gibt es ausser einem Holzteil auch einen oder zwei **Sieb-** oder **Floemteile**[1]), welche aus **Siebgefässen** oder **Siebröhren** und wenigstens noch etwas Parenchym bestehen. Beim Mais ist, wie gewöhnlich, in jedem Gefässbündel nur einer Siebteil, welcher die normale Stelle an der Aussenseite des Holzteiles einnimmt.

1) Von *floios* (φλοιός) = Rinde. Bei vielen Pflanzen liegen die Siebteile, wie wir sehen werden, alle in einem Ring an der Aussenseite des Stengels.

Siebgefässe entstehen auch durch Verschmelzung von in der Längsrichtung aneinander schliessenden Parenchymzellen. Das Plasma bleibt dabei vermutlich als eine dünne Lage erhalten; nur der Kern verschwindet. Auch die Wand wird nicht ungleichmässig dick und es tritt keine Verholzung oder Verkorkung auf. Die übereinander stehenden Zellen treten in Verbindung mit einander, indem in den Querwänden eine oder mehr Gruppen meistens sehr feine dünne Kanäle entstehen, die nicht mit einer Schliesshaut geschlossen sind. Eine solche Gruppe nennt man eine **Siebplatte**. Auch nebeneinander liegende Siebgefässteile können durch Siebplatten Verbindung gewinnen.

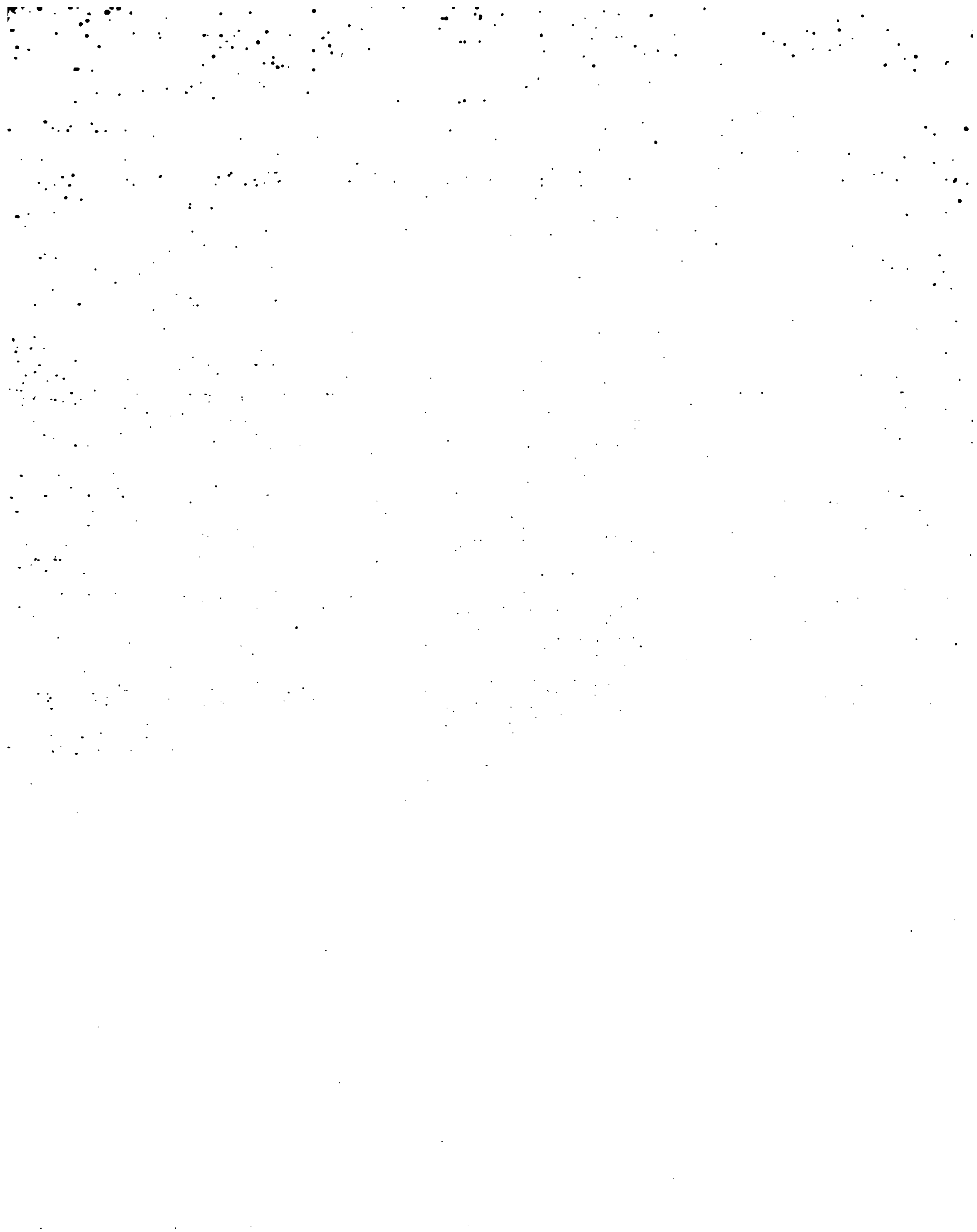
Sie enthalten in erster Linie eiweisshaltigen Schleim und sehr kleine Stärkekörner. Man glaubt, dass sie hauptsächlich sur Leitung eiweissartiger Körper dienen. Warum man dies meint, wird sich uns erst später ergeben. Bisweilen werden die Siebplatten zeitweise oder für gut geschlossen durch einen sogen. *Callus-Propfen*, der zuweilen sehr gross wird. Diese sind wenigstens bei einem Teil der Siebgefässe von *Bryonia* sehr deutlich.

γ. *Milchsaftgefässe.*

Objekt: Stengel von Schöllkraut (*Chelidonium majus*).

Eine Gruppe ziemlich verschiedener Elemente nennt man nach einer oberflächlichen Aehnlichkeit ihres Inhaltes alle **Milchsaftgefässe**. Ihr Inhalt besteht also aus einer milchartigen Flüssigkeit verschiedener Farbe. Es gibt zwei Hauptarten: *gegliederte* und *ungegliederte*.

Die Gegliederten, von denen die erwähnte Pflanze uns ein Beispiel giebt, entstehen aus einer Fusion aneinanderstossender



Zellen, deren Querwande, bisweilen auch die Längswände, in grösserer oder geringerem Maasse durchbohrt werden, während der Inhalt lebend bleibt. Oft bilden sie auch seitwärts Aussackungen, welche an den Stellen, wo diese auf einander stossen, verschmelzen. Sie bleiben unverholzt, unverkorkt und gleichmässig dick.

Die ungegliederten Milchsaftgefässe sind eigentlich **Milchsaftzellen**, von welchen in einer Pflanze nur sehr wenige vorkommen, welche jedoch durch die ganze Pflanze hin verweigt sind. Sie entbehren der Anastamosen.

Von der Funktion wissen wir noch wenig. Man vermutet, dass diese nicht überall gleich ist, dass sie bald zur Aufspeicherung von Nährstoffen dienen, bald zur Aufnahme von Ausscheidungsproducten; man meinte auch, dass sie wenigstens zuweilen dazu dienen, Wunden abzuschliessen.

D. *Intercellularräume.*

Wir sahen diese schon wiederholt. Gewöhnlich enthalten sie Luft und dienen offenbar dazu, den Gasaustausch mit der Aussenluft zu beschleunigen. Wir werden jedoch später an ein paar Beispiele noch sehen, dass es auch besondere Räume oder Gänge zur Aufnahme von andern Stoffen gibt (z.B. Harz in den **Harzgängen** bei Coniferen).

E. *Zwischenformen und gemischte Formen.*

Die wichtigsten anatomischen Elemente der Pflanze haben wir nun behandelt. Unter dem „Wichtigsten" ist hier folgendes zu verstehen.

Von der einfachen, dünnwandigen isodiametrischen Parenchymzelle an führen Reihen von Formen, welche sehr allmählig an einander schliessen, zu den Elementen mit compliciertester

Struktur. Für diese alle gibt es natürlich nicht jedesmal besondere Benennungen. Diese gibt es nur für einige Arten, — die Formen, welche wir kennen lernten — welche durch stark auffallende Unterschiede von andern abweichen und um welche die übrigen Formen am bequemsten gruppiert werden können. Für solche abweichenden Formen gebraucht man manchmal einfach die Benennung der zunächst liegenden Zellenart, wenn dafür ein bestimmter Name gebräuchlich ist, oder man sucht durch Hinzufügung von Adjektiven oder durch Umschreibungen Besonderheiten ihres Baues deutlich zu machen, oder man benützt die Ausdrücke, welche für die reineren Formen gebräuchlich sind, zwischen denen die fragliche Zellenart liegt. So spricht man z.B. von *parenchymatischem Collenchym* oder *collenchymatischem Parenchym* bei Parenchymzellen, wenn die Zellenecken etwas stärker verdickt sind, aber wenn sie sich zugleich von echtem Collenchym dadurch unterscheiden, dass sie zwischenzellige Hohlräume haben, Chlorofyll enthalten und keine Faserform aufweisen; so bezeichnet man mit *Steinkork*, Korkzellen, in deren Wand eine dickere Lage verholzt ist, sodass es gleichsam zugleich Steinzellen sind; den Ausdruck *verholztes Collenchym* hat man auch für Fasern gebraucht, die wie Collenchym hauptsächlich in den Zellenecken verdickt sind, jedoch verholzte Wände besitzen; *Ringschraubengefässe* sind Gefässe, deren Verdickungsring stellenweise aus Schraubenband, stellenweise aus Ringen besteht; *Fasertracheïden* sind Tracheïden, welche die reinere Faserform haben, denen aber die Spalttüpfel fehlen, u.s.w. Wir werden manchen solcher Zwischen- und gemischten Formen noch begegnen und einzelne derselben noch besonders besprechen.

ZWEITER TEIL.

DER BAU EINIGER ORGANE.

13es PENSUM.

I. DER STENGEL.

A. Bei *Monocotylen.*

Objekt: Stengel von dem Mais (*Zea Mays*) und von *Arum maculatum.*

Die Monocotyledonen haben Stengel ähnlicher Struktur wie wir solche bereits beim Mais sahen: innerhalb einer Oberhaut oder eines Korkgewebes befindet sich eine Grundmasse von Parenchym, worin in verschiedener Entfernung vom Umfang zunächst Gefässbündel vorkommen, welche alle den Siebteil nach aussen wenden, ferner gewöhnlich noch ein mechanisches Gewebe, das aus den bekannten Gründen an der Aussenseite angehäuft ist.

Bei den meisten einsamenlappigen Bäumen (Typus: die Palme) nimmt die Laubkrone nicht fortwährend an Umfang zu: wenn am Gipfel neue Blätter hinzukommen, so fallen dagegen unten welche ab. Solche Pflanzen haben zwar, je nachdem der Hauptstengel länger wird, stets grössere Festigkeit nötig, wir sehen aber, dass dennoch der Querschnitt Constant bleiben kann. Dieses ist davon eine Folge dass viele monocotyle Bäume, was ihre Festigkeit betrifft, in ihrer Jugend viel stärker sind, als nötig wäre; bei manchen jedoch

nimmt die Festigkeit vieler Zellen durch eine später eintretende Verholzung sehr zu. Der Process, welcher bei Dicotylen, wie wir sehen werden, für die Bildung von mehr Leitungsgewebe (sowie von mehr Festigkeitgewebes) sorgt, das Dickenwachstum, fehlt jedoch den meisten Monocotylen und wir sahen gerade, dass dies, wenigstens was die Leitungszellen betrifft, mit dem mehr constanten Umfang der Krone zusammenhängen kann.

Bei Monocotylen mit kriechendem Stengel, die wiederholt neue Wurzeln in die Erde senken können, ist aus nahe liegenden Gründen ein Wachstum in die Dicke nicht nötig; bei diesen kann also die totale Blattmenge, welche an den Stengel sitzt, stets grösser werden. —

Als ein zweites Vorbild monocotylen Stengelbaues betrachten wir einen Querschnitt des Blumenstieles von *Arum maculatum*. Das Festigungsgewebe besteht hier aus Collenchym.

B. Bei *Dicotylen* und *Gymnospermen*.

a. Dicotyler Stengel ohne Dickenwachstum.

Objekt: Ausläufer von *Ranunculus repens*.

Bei vielen Zweisammenlappigen mit kurzer Lebensdauer, oder mit kriechendem Stengel kommt ebenso wenig als bei vielen Monocotylen Dickenwachstum vor. Als Beispiel betrachten wir den Stengel von *Ranunculus repens*. Wir sehen hier auf Querschnitt innerhalb der Oberhaut eine Parenchymmasse, in welcher die Gefässbündel wie gewöhnlich bei Dicotylen in einem Ring stehen (man merke sich hier den gewöhnlichen Unterschied zwischen Ein- und Zweisamenlappigen). Der Gefässbündel zeigt im Bau grosse Aehnlichkeit mit dem des Mais:

innerhalb einer Sklerenchymscheide an der Aussenseite einen Siebteil, an der Innenseite einen Holzteil. Das Gewebe, das bei Dicotylen und Gymnospermen zwischen Oberhaut und Gefässbündelring liegt, nennt man **Rinde**[1]; der Teil, welcher von dem Gefässbündelring umhüllt wird, ist das **Mark**; die Teile zwischen den einzelnen Gefässbündeln heissen **Markstrahlen**.

14es PENSUM.

I. DER STENGEL. 2.

b. Zweisamenlappiger Stengel mit Dickenwachstum.

Objekt: Einjähriger Stengel von *Aristolochia Sipho.*

Auf Querschnitte finden wir hier wesentlich dieselbe Gewebeinteilung wie bei dem vorigen Objekt. Dagegen sehen wir als Abweichung, dass ausserhalb des Gefässbündelringes auch noch ein Ring gleichmässig verdickter Zellen liegt. Da diese sich in sehr verschiedener Weite zeigen, sind es vermutlich Fasern; eine Vermutung, welche durch einen macerirten Längsschnitt bestätigt wird. Wir nehmen dabei zugleich wahr, dass die Zuspitzung meistens nicht sehr scharf ist. Da sich nun die Wand, mit schwefelsaurer Aniline untersucht, verholzt erweist, so haben wir also Sklerenchymfasern vor uns, die hier jedoch auch, was übrigens häufig der Fall ist, zur Aufbewahrung von Reservenahrung dienen, denn sie sind voll Stärke. Auch

---

1) Oefters nimmt man die innere Begrenzung auch etwas anders, und weniger bequem, nämlich von der Epidermis innenwärts bis inclusive die Stärkescheide oder die besonders in Rhizomen, bei Wasserpflanzen und in Wurzeln deutliche *Endodermis* (s. letztes Pensum).

sehen wir an dem macerirten Präparat, dass sich die Fasern durch Querwände in einige Zellen verteilen.

An der Aussenseite gegen den Sklerenchymring befindet sich eine Lage Zellen, die sog. Stärkescheide, die sehr reich an Stärke ist.

In den Gefässbündeln befindet sich an der Uebergangsstelle vom Xylem zum Floem eine Lage kleiner etwa viereckiger Zellen, mit dünner Wand und plasmatischem Inhalt. Vielleicht finden wir an den angrenzenden Stellen in Markstrahlen auch schon einzelne Parenchymzellen, die aussehen, als ob sie sich kürzlich durch eine tangentiale Wand geteilt hätten.

2. Objekt. Querschnitt eines mehrjährigen Stengels von *Aristolochia Sipho.*

Während wir den Durchschnitt machen, sehen wir schon, dass dieser Stengel viel dicker ist als der vorige. Wir wollen nun untersuchen, wo das Dickenwachstum stattgefunden hat. Betrachten wir zuerst das Mark. Dies hat sicher nicht an Umfang zugenommen, vielleicht sogar abgenommen. Dies hat also das Dickenwachstum nicht verursacht.

Der folgende Ring, derjenige der Gefässbündel, ist jedoch augenscheinlich dicker geworden, sowohl was den Holz- als was den Siebring [1]) betrifft. Es fragt sich nun, welche Zellen sind gewachsen?

Natürlich können dies nur lebende Zellen sein, Holzgefässe also nicht. Bei Siebgefässen könnte die Möglichkeit des Wachsens a priori nicht geleugnet werden, denn sie bestehen, so-

---

1) Die sämtlichen Holzteile eines Gefässbündels mit den dazwischenliegenden Markstrahlstücken bei einem Dicotyl bilden den *Holzring*, wie die Siebteile den *Siebring*.

weit wir wissen, aus lebenden Zellen. Dennoch hat man bei diesen weder Wachstum noch Teilung nachweisen können.

Wir könnten ferner vermuten, dass im Parenchym zwischen den Holzgefässen oder auch zwischen den Siebgefässen dieses Wachsen vor sich gegangen sei. Indessen die Lage dieser Zellen, zerstreut zwischen andern durch, welche des Wachstums nicht fähig sind, wäre für ein starkes Dickenwachstum vielleicht auch nicht sehr geeignet.

Dagegen erkennen wir an der Grenze des Holz- und Siebteiles wieder dieselbe durchgehende Schicht äusserlich noch junger Zellen, welche wir bei dem jüngeren Zweig schon sahen; auch in den Markstrahlen ist an derselben Stelle viel deutlicher als bei dem jungen Zweig etwas Aehnliches vorhanden: eine Reihe von Zellen, die radial viel kürzer sind, viel Inhalt und dünnere tangentiale Wände haben, und so aussehen, als ob an dieser Stelle kürzlich eine Zellteilung stattgefunden habe.

15es PENSUM.

I. DER STENGEL. 3.

Jener Ring, der aus genannten Zellen in den Markstrahlen und zwischem dem Holz- u. Siebteil besteht, ist der sogenannte **Cambiumring**. Während des Dickenwachstums des Stengels nehmen hier die Zellen besonders radial an Umfang zu und teilen sich dann, zunächst durch Wände parallel zur Oberfläche. Diese Lage würde auf diese Weise stets dicker werden, allein da an der centralen Seite sich fortwährend Zellen in ausgewachsene Xylem- oder in Markstrahlelemente, an

der periferischen Seite in Floem- oder in Markstrahlzellen differenzieren, so behält der Cambiumring selbst ungefähr dieselbe Dicke. Das Cambium setzt also gleichsam nach innen und aussen fortwährend Zellen ab, welche in ausgewachsene Zellen übergehen. Infolge dieser Weise des Wachsens liegen die Zellen ursprünglich in radialen Reihen und wir können wenigstens noch eine kleine Strecke in die Holz- und Siebteile hinein dieselbe Ordnung wiedererkennen. Da aber die Zellen, welche in Siebgefässe, und besonders diejenigen, welche in weite Holzgefässe übergehen, an Umfang sehr zunehmen, so wird die ursprüngliche Ordnung öfters bald zerstört.

Das radiale Wachsen des Cambiums übt natürlich sowohl einen centripetalen als einen centrifugalen Druck aus. Wir sehen, dass infolge der Spannung nach ersterer Richtung hin das Mark oft mehr oder weniger zusammengedrängt wird; den meisten Widerstand erfährt das cambiale Wachstum an dieser Seite. Die neu gebildeten Teile müssen daher hauptsächlich nach aussen hin Platz finden. Der Cambiumring rückt deshalb mehr und mehr nach aussen und erfährt nun auch tangential Wachtum und Zellenteilung. Das ausserhalb des Cambiumringes liegende Gewebe muss natürlich auch an diesem Wachstnm in tangentialem Sinne Teil nehmen, insofern die Zellen seitwärts angeschlossen bleiben.

Wir sehen jedoch sogleich, dass letzteres nicht bei allen Geweben der Fall ist. Der Sklerenchymring, der in dem jungen Stengel noch ganz war, hat sich in Stücke geteilt. Offenbar war er eines starken Wachstums nicht fähig; dies ist übrigens eine allgemeine Eigenschaft aller Zellen mit verholzten Wänden, auch wenn sie noch lebenden Inhalt haben. Offene Ringe sind dabei jedoch nicht entstanden, haben sich wenigstens nicht

erhalten, denn der Raum zwischen den Stücken des Ringes hat sich wieder mit Parenchymzellen gefüllt, die bisweilen in Steinzellen übergingen. Die letzteren Teilen sind also so zu sagen bestrebt den mechanischen Ring wieder her zu stellen.

Auch die Oberhaut zeigt nicht fortwährend das tangentiale Wachstum, ohne welches das Dickenwachstum nicht bei einer geschlossenen Gewebemasse bestehen kann. Vielleicht sehen wir sie wenigstens stellenweise schon zerrissen. Die Oeffnungen haben sich jedoch durch ein darunter entstandenes Korkgewebe wieder geschlossen. Aus der Uebereinstimmung der radialen Wände folgern wir, dass das Korkgegebe durch Wachstum und Teilung aus der ersten subepidermalen Schicht entstanden sein muss. Wenn schon Kork vorhanden ist, findet man das Bildungsgewebe für diese Schicht, das sogenannte **Fellogen**[1]) (auch **Korkcambium** genannt) an der Innenseite des Korkgewebes; dieses ist wie »das" Cambium an der gewöhnlich geringern Ausdehnung der Zellen in radialer Richtung, an dem stark plasmatischen Inhalt und an den dünneren Wänden kenntlich. An der Innenseite des Fellogen befindet sich eine Lage Parenchym, die auch aus dem Korkcambium entstanden ist und die dann auch an der Aussenseite des collenchymatischen Parenchyms liegt, welches früher subepidermal vorhanden war; dies ist das sogenannte **Felloderm**. Kork und Felloderm zusammen nennt man **Periderm**.

---

1) Von fellos (φελλός) = Kork und gennao (γεννάω) = erzeugen, hervorbringen also korkbildend.

16es PENSUM.

1. DER STENGEL. 4.

Nachdem wir die Hauptpunkte des Dickenwachstums untersucht haben, kehren wir noch einmal zu demselben Objekt zurück, um noch einige Einzelheiten zu sehen. An dem Querschnitt eines Stengels, an welchem erst kürzlich Kork aufgetreten war, sehen wir, dass die Fellogenschichten mit Rücksicht auf den kreisförmigen Umfang einigermassen wie Sehnen gelagert sind. Bei einem mehrjährigen Stengel läuft jedoch das Korkcambium ringsum den Stengel [1]). An diesem ältern Stengel sehen wir an der Aussenseite überdies Risse in der Korkmasse. Da ausgewachsener Kork gewöhnlich aus totem Gewebe besteht, so kann dieser durch tangentiales Wachstum nicht der Verdickung des Stengels folgen, sondern muss einreissen. Die Fellogenschicht ist jedoch der Entwicklung, auch nach dieser Richtung hin, fähig und sorgt dafür, dass an der Innenseite des Periderms stets dicht zusammenschliessende Korkzellen den Stengel immer umhüllen.

Die Folgen der tangentialen Dehnung zeigen sich auch in der ursprünglichen (**primären**) Rinde, d. h. also die Rinde abgesehen von allen Schichten, welche durch cambiale Tätigkeit vielleicht hinzu gekommen sind, wie das Felloderm. Das collenchymatische Parenchym, welches früher eine fast geschlossene Schicht unter der Oberhaut bildete, ist jetzt durch grosse ziemlich reine parenchymatische Zellen in Stücke zerteilt. Dass die Rindenzellen nicht nur tangential gewachsen

---

1) Die Schichten welche von dem Korkgewebe von der inneren Gewebemasse abgeschnitten werden nennt man **Borke**, und man redet dann, entsprechend der Art der Entstehungsweise von **Ringelborke** und von **Schuppenborke**.

sind, sondern sich auch in dieser Richtung geteilt haben, ist schon deshalb wahrscheinlich, weil wir wahrnehmen, dass zuweilen zwei neben einander liegende Zellen durch eine sehr dünne radiale Wand getrennt werden, während die andern Wände viel dicker sind. Um auch beurteilen zu können, in wiefern Wachstum und Teilung in radialer Richting statt gefunden hat, vergleichen wir, zum Beispiel, verschiedene junge Zweige mit Rücksicht auf die Anzahl der Zellen, die wir zwischen Epidermis und Sklerenchym antreffen, und dann auf die Dicke dieser Schicht. In beider Hinsicht finden wir bei den verschiedenen Exemplaren grosse Aehnlichkeit. Wenn wir jetzt noch einmal dasselbe Gewebe bei einem älteren Zweige betrachten, also das Gewebe zwischen der Innengrenze des Felloderms und der Aussengrenze des Sklerenchyms, so bemerken wir sofort, dass wirklich in radialer Richtung Wachstum statt gefunden hat (denn die Dicke dieser Schicht hat wirklich zugenommen), dass jedoch die Zellenteilung im allgemeinen unterblieb (denn die Anzahl der Zellen ist nicht oder kaum grösser geworden).

17es PENSUM.

I. DER STENGEL. 5.

In der Nähe der Gefässbündel sehen wir in den Holzteilen, an einigen Stellen, plötzlich Uebergänge in der äussern Form der Elemente, indem auf eine Schicht mit in radialer Richtung kürzeren Elementen und ohne weite Gefässe, nach aussen hin plötzlich eine Schicht mit in radialer Richtung längeren Zellen und

weiten Gefässen folgt. An diesen Stellen grenzt das Gewebe, welches zuletzt in einem bestimmten Jahre in Elemente des Holzringes überging, das sogen. **Herbstholz,** an die Zellen, welche sich zuerst im folgenden Frühjahr zu dem sogen. **Frühjahrsholz** entwickelten. Die ganze Gewebeschicht, die sich in einer bestimmten Vegetationsperiode bildete, nennt man gewöhnlich einen **Jahresring**, weil es bei uns in einem Jahre nur eine solche Vegetationsperiode gibt. Hier zu Lande kann man also in normalen Fällen aus der Zahl der Jahresringe im Holz auf das Alter eines Stengelteiles schliessen. Natürlich braucht dies jedoch nicht in allen Klimaten der Fall zu sein.

Auch im Siebring sehen wir Schichten, freilich gewöhnlich nicht so augenfällig als im Holzring. In dem jüngsten Teil erkennen wir die Parenchymzellen an dem stark körnigen Inhalt, die Siebgefässe an den Pfröpfen eines weisslichen Stoffes, der stellenweise die Wände, manchmal stark verdickt. Das sind die auf den Siebplatten befindlichen früher schon erwähnten Callusplatten, welche bei diesen Elementen wenigstens zeitweise (im Winter), oder auch wohl bleibend, die Siebgefässe oft schliessen. Die andern Schichten, die wir sehen, sind 1. Platten Parenchymzellen mit körnigem Inhalt, 2. Platten Siebgewebe in engerem Sinne (Siebgefässe und Parenchym). Die Sub. 1 und 2 erwähnten Schichten wechseln regelmässig mit einander ab. Wir sehen, dass die Parenchymplatten aus Zellen mit einem normalen, lebenskräftigen Aeussern bestehen, dass das Siebgewebe in engerem Sinne jedoch allmählich zusammengedrückt wird. Vermutlich hat es am Ende keine Funktion mehr.

Die Markstrahlen, welche wir bereits in den jüngsten Zweigen beobachteten, finden wir in den ältern Zweigen wieder. Durch

die Tätigkeit der Cambiumstücke in den Gefässbündeln sind jedoch einige neue, sogenannte **sekundäre** [1]) hinzu gekommen, und zwar dadurch, dass die Cambiumschicht, statt Holz- u. Siebteil-Elemente in engerem Sinne, nach innen und aussen stellenweise Markstrahlparenchymzellen ausschied. Diese Markstrahlen laufen natürlich nach aussen und innen nicht soweit durch und lassen sich dadurch von primären unterscheiden.

Besonders da wo im Holringe primäre und secundäre Markstrahlen vorkommen, und wo es nicht sofort deutlich ist was die primären Markstrahlen sind und welche die secundären, gebraucht man »Xylem" auch statt Holzring, sowie auch »Floem" statt Siebring.

Während dem der Cambiumring sich nach aussen schiebt, könnten die Teile davon welche in den primären und secundären Markstrahlen vorkommen, und diejenigen, welche den Holzteilen in engerem Sinne anliegen, proportional zum Dickenwachstum des Stengels an Umfang zunehmen.

Dann würde in jedem Alter das Verhältniss zwischen der Länge in periferischem Sinne von den Markstrahl-Cambiumstücken und von den damit abwechslenden Teilen im Cambiumringe gleich gross sein müssen. Wir bemerken jedoch, dass dies nicht der Fall ist: die letzteren sind mehr als die andern in die Breite gewachsen. Die in dem Holzring vorhandenen Markstrahlen haben also in tangentialer Richtung überall mehr ihre frühere Breite behalten.

Vielleicht können wir auch noch erkennen, dass angrenzende Parenchymzellen in den älteren Holzteilen, in gewisse

---

1) *Sekundär*, von secundus = der folgende, bedeutet hier: erst durch ein späteres, folgendes Wachstum entstanden.

Holzgefässe durch die dünn gebliebenen Wandteile hineingewachsen sind. Das sind die sogenannten **Thyllen**, welche oft in dem Holz, das nicht mehr zur Fortleitung dient (dem sogen. **Kernholz**) die Gefässe schliessen helfen.

18es PENSUM.

I. DER STENGEL. 6.

Object: Lindenzweige.

An dem Querschnitt eines Lindenzweiges sehen wir dasselbe, was wir schon bei *Aristolochia* wahrnahmen, nämlich, dass die Menge des Markstrahlgewebes, welches das Cambium nach innen und aussen absondert, stets grösser wird, weil fortwährend neue sekundäre Markstrahlen hinzukommen. Ausserdem beobachten wir die gleichfalls gewöhnliche Erscheinung, dass die Breite der Markstrahlen im Holzring sich ziemlich gleich bleibt. Die zwischen den Markstrahlen liegenden Stücke des Cambiumringes werden jedoch stets breiter und sondern also stets breitere Schichten Holz- u. Siebgewebe in engerem Sinne ab, während die letzteren Gewebestücke von Zeit zu Zeit durch Hervortreten eines neuen Markstrahles wieder gespalten werden.

Es erhebt sich nun die Frage, wie das cambial nach aussen abgeschiedene Gewebe sich der Notwendigkeit fügt, stets einen grösseren Umfang einzunehmen? Wir könnten uns denken, dass in einer bestimmten ringförmigen Schicht die tangentiale Ausdehnung überall stattfände, aber auch,

dass dies nicht der Fall ist. An manchen Markstrahlen sehen wir sofort, dass eine tangentiale Dehnung stattgefunden hat, denn sie werden nach aussen zu stets breiter. Das Gewebe also, welches ursprünglich nur eine Breite hatte, so gross wie der Teil, der unmittelbar an dem Cambiumring liegt, gewinnt, jemehr es nach aussen gelangt, die stets grössere Breite, welche wir da an dem Markstrahl wahrnehmen. In regelmässiger Abwechselung mit diesen Markstrahlen sehen wir jedoch wiederholt einige, welche im Siebring ihre ursprüngliche Breite behalten haben. Wir können folglich schon jetzt sagen, dass die tangentiale Ausdehnung nicht überall gleichmässig stattfindet. Ferner fragt er sich noch, ob die Siebgruppen in engerem Sinne (also die Siebteile zwischen den Markstrahlen) nicht tangential grösser geworden sind? Sehr stark ist jedenfalls diese Ausdehnung nicht gewesen, denn wir sehen gerade nach dem Cambium hin diese Siebteile tangential stets zunehmen, sodass die damit abwechselnden schmalen Markstrahlen nach aussen convergieren. Die Cambiumstücke dieser Siebteile haben also nach aussen hin Schichten abgelagert, deren tangentiale Ausdehnung dem totalen Wachstum in periferischem Sinne des Geweberinges in welchem sie vorkommen nicht proportional verlief, — wenn sie überhaupt tangential an Umfang zunahmen. Wenn wir dies noch näher erforschen, so fällt es uns auf, dass tangentiale Platten Sklerenchym mit Platten Siebgefässen und Parenchym regelmässig in radialer Richtung abwechseln. Schon die geringe Fähigkeit dieser Fasern zu wachsen lässt die erwähnte tangentiale Dehnung als unwahrscheinlich erscheinen, folglich ebenso die der radial

damit abwechselnden Gruppen Siebgefässe und Parenchym, welche tangential diesselbe Ausdehnung haben und von denselben Markstrahlen begrenzt werden. Auch sehen wir nirgends, dass die der Oberfläche näher liegenden Fasern tangential weiter sind oder auch nur stellenweise dünnere Wände haben, die auf eine später erfolgte Zellteilung hinweisen könnten. Wir müssen also daraus folgern, dass auch dieses Gewebe nach seiner Bildung in der Richtung der Periferie hin nicht an Umfang zugenommen hat.

Aus der Form einiger Markstrahlen können wir noch ableiten, dass wenigstens ein Teil der erst schmal gebliebenen Markstrahlen sich später tangential dehnt.

Sklerenchym-Elemente im Siebring werden oft Bastfasern genannt.

Dieser Ausdruck rüht daher dass „Bast" auch gleichdeutig mit Floem (siehe S. 52) gebraucht wird. Ubrigens herrscht im Gebrauch dieses Wortes viel Verwirrung und man thut am besten es möglichst wenig zu verwenden.

19es PENSUM.

I. DER STENGEL. 7.

Struktur einiger Holzarten.

Der Stengel der meisten Dicotylen, sei es dass es Kräuter, Gesträuche oder Holzgewächse sind, zeigt der Hauptsache nach denselben Bau. Die grössere oder geringere Weichheit des Stengels hängt hauptsächlich davon ab, in wel-

dass dies nicht der Fall ist. An manchen Markstrahlen sehen wir sofort, dass eine tangentiale Dehnung stattgefunden hat, denn sie werden nach aussen zu stets breiter. Das Gewebe also, welches ursprünglich nur eine Breite hatte, so gross wie der Teil, der unmittelbar an dem Cambiumring liegt, gewinnt, jemehr es nach aussen gelangt, die stets grössere Breite, welche wir da an dem Markstrahl wahrnehmen. In regelmässiger Abwechselung mit diesen Markstrahlen sehen wir jedoch wiederholt einige, welche im Siebring ihre ursprüngliche Breite behalten haben. Wir können folglich schon jetzt sagen, dass die tangentiale Ausdehnung nicht überall gleichmässig stattfindet. Ferner fragt er sich noch, ob die Siebgruppen in engerem Sinne (also die Siebteile zwischen den Markstrahlen) nicht tangential grösser geworden sind? Sehr stark ist jedenfalls diese Ausdehnung nicht gewesen, denn wir sehen gerade nach dem Cambium hin diese Siebteile tangential stets zunehmen, sodass die damit abwechselnden schmalen Markstrahlen nach aussen convergieren. Die Cambiumstücke dieser Siebteile haben also nach aussen hin Schichten abgelagert, deren tangentiale Ausdehnung dem totalen Wachstum in periferischem Sinne des Geweberinges in welchem sie vorkommen nicht proportional verlief, — wenn sie überhaupt tangential an Umfang zunahmen. Wenn wir dies noch näher erforschen, so fällt es uns auf, dass tangentiale Platten Sklerenchym mit Platten Siebgefässen und Parenchym regelmässig in radialer Richtung abwechseln. Schon die geringe Fähigkeit dieser Fasern zu wachsen lässt die erwähnte tangentiale Dehnung als unwahrscheinlich erscheinen, folglich ebenso die der radial

damit abwechselnden Gruppen Siebgefässe und Parenchym, welche tangential diesselbe Ausdehnung haben und von denselben Markstrahlen begrenzt werden. Auch sehen wir nirgends, dass die der Oberfläche näher liegenden Fasern tangential weiter sind oder auch nur stellenweise dünnere Wände haben, die auf eine später erfolgte Zellteilung hinweisen könnten. Wir müssen also daraus folgern, dass auch dieses Gewebe nach seiner Bildung in der Richtung der Periferie hin nicht an Umfang zugenommen hat.

Aus der Form einiger Markstrahlen können wir noch ableiten, dass wenigstens ein Teil der erst schmal gebliebenen Markstrahlen sich später tangential dehnt.

Sklerenchym-Elemente im Siebring werden oft Bastfasern genannt.

Dieser Ausdruck rüht daher dass „Bast" auch gleichdeutig mit Floem (siehe S. 52) gebraucht wird. Ubrigens herrscht im Gebrauch dieses Wortes viel Verwirrung und man thut am besten es möglichst wenig zu verwenden.

19es PENSUM.

I. DER STENGEL. 7.

Struktur einiger Holzarten.

Der Stengel der meisten Dicotylen, sei es dass es Kräuter, Gesträuche oder Holzgewächse sind, zeigt der Hauptsache nach denselben Bau. Die grössere oder geringere Weichheit des Stengels hängt hauptsächlich davon ab, in wel-

chem Maasse sich dünnwandiges Parenchym im Verhältnis zu dikwandigem Gewebe entwickelt hat. Abgesehen davon, dass zarte Stengel oft ein stark entwickeltes Rindenparenchym haben, gibt es häufig in diesen überhaupt nur wenige dickwandige Zellen; auch im Sieb- u. Holzring und im Mark kann dünnwandiges Gewebe stark entwickelt sein.

Bei den gewöhnlicheren Holzgewächsen fehlt solches dünnwandige Gewebe gewöhnlich fast ganz.

Wir wollen jetzt bei einigen Bäumen die Struktur des Holzringes, den Bau des „Holzes" also, näher untersuchen. Wir benützen dazu zunächst Präparate, wie diese im Handel sind, und kontrollieren diese später mit selbstgemachten.

Der Hollunder (*Sambucus nigra*).

Querschnitt. Bild mit A.

Zwischen Reihen Zellen, die in der Richtung der Reihe gestreckt sind (Markstrahlen) finden sich grössere Hohlräume und Gruppen dikwandiger Elemente. Jahrringe.

Bild mit D:

In den verdickten Markstrahlzellen sehen wir Tüpfelkanäle zuerst in den Längswanden; auch innerhalb dieser Wände nehmen wir durch den ganzen Zellenraum hindurch bei bestimmter Einstellung des Mikroskopes kleine Flecken wahr. Da diese bei einer Einstellung scharf sind, sind es vermutlich auch Tüpfelkanäle oder auch Inhaltskörner, die gegen die Wand anliegen. Da sie ferner bei niederer Einstellung eine Lichtconcentration darbieten und bei z. B. in Glycerine liegenden Praparaten bei einer gewissen Einstellung etwas rötlich erscheinen, so sind sie weniger brechend als die Umgebung. Es sind also wohl wirklich Tüpfelkanäle. Da man die

Querwände fast überall in diesen Zellen sehen kann, so sind letztere in der Richtung der Stengelachse nur wenig gestreckt; es sind also Parenchymzellen. In den Wänden der verdickten Elemente im Gewebe zwischen den Markstrahlen sehen wir überal eine Mittellamelle und zuweilen Tüpfelkanäle. Diese Elemente sind sehr verschieden weit (Zuspitzungen) und nirgendwo sind horizontale Wände sichtbar. Vermutlich sind es also faserförmige Zellen, folglich: Sklerenchym. Die grossen Hohlräume halten wir vorläufig für Gefässe.

Tangentialer Längsschnitt: Zahlreiche mehr oder weniger gestreckte biconvexe Gruppen dickwandiger Parenchymzellen: Markstrahlen; in der Richtung der Stengelachse sind diese also, wie das bei secundären Markstrahlen gewöhnlich der Fall ist, nur wenig ausgedehnt. Die verdickten Elemente sind wirklich Fasern; die Spalttüpfel sehen wir gewöhnlich aus einem leicht erklärlichen Grunde als Kreuzchen. Sklerenchym im Holz nennt man oft **Holz-** oder **Libriformfasern** [1]).

Um die weitesten Elemente zu untersuchen, betrachten wir erst die stehenden Wandstücke (d. h. die senkrecht auf den Objecttisch gerichteten) und bemerken, dass die durchgeschnittenen Verdickungsleisten die Form eines T haben. Auf den liegenden, also parallel zum Objectisch gerichteten Wandstücken müssen solche Verdickungsleisten eine Zeichnung liefern, welche hauptsächlich aus dreierlei Lichtstärke besteht. Thatsächlich sehen wir dann auf der Wand auch Flecke, umgeben von einem „Hof" — die sogenannten gehöften Tüpfel —, welche, da die Tüpfel sehr

---

1) Von *liber*, bast, und *forma*, Form, also: die Form von Bastfasern habend.

dicht bei einander liegen, nur durch schmale Teile anderer Schattierung getrennt sind.

Die innerhalb der Höfe vorhandenen Teile sind also nur ein Teil der Tüpfel, denn sie werden gebildet von den dünnen Wandteilen, welche nicht durch übergreifende Verdickungsleisten überdeckt sind.

So weit die dünnen Wandteile von den übergreifenden Verdickungsleisten wohl überdeckt werden, entsteht in dem Bilde der Hof, während der Raum welches die Höfe scheidet von den dicksten Wandteilen gebildet werd. Natürlich kann die Form dieser Teile in verschiedenen Fällen sehr verschieden sein. Hier sind die „Höfe" rund und die „Tüpfel" in engerem Sinn schief spaltenförmig, und daher, weil sie bei angrenzenden Gefässen coincidiren, aber in Bezug auf das Gefäss in welchem sie vorkommen, die selbe Stellung haben, aus ähnlichen Gründen wie dies auch mit den Spaltöffnungen beim Sklerenchym der Fall ist, zu 2 und 2 gekreuzt. An den Gefässenden befindet sich eine schief gerichtete Wand, von welcher jedoch ein grosses Mittelstück verschwunden ist. Wir können solche durchbohrte Wände auch auf dem Querschnitt sehen.

Wenn wir käufliche Präparate besehen, so lässt sich aus dem Fehlen eines geformten Inhaltes nichts über ihre Natur folgern, denn die Inhaltsbestandteile könnten auf verschiedene Weise bei der Behandlung aufgelöst worden sein. Aus dem besprochenen Bau der Wände ergibt sich jedoch schon, dass es gehöfte Tüpfeltracheen sind. Vielleicht können wir sie auf dem Querschnitt an günstigen Stellen (besonders wo zwei Gefässe aneinander grenzen) gleichfalls als solche erkennen.

Radialer Längsschnitt. Im Wesentlichen bieten sich uns dieselben Erscheinungen dar. Wir achten nun besonders auf die andere äussere Form der Markstrahlen und der durchbohrten Querwände der gehöften Tüpfeltracheen.

20es PENSUM.

I. DER STENGEL. 8.

Object: Holz von *Pinus sylvestris.*

Querschnitt. Bild mit A. Ziemlich parallele Reihen Elemente, zwischen welchen hie und da eine Reihe von anderem Aeusseren in derselben Richtung hindurchläuft. Die letzteren sind Markstrahlen. Die Reihen laufen radial und stehen mit den an derselben Seite liegenden Cambialzellen in Verbindung. Da die Zellen, auf dem Querschnitt betrachtet, hier ihre Form so wenig ändern, so wird die ursprüngliche Rangordnung wenig gestört. An einer oder mehr Stellen sehen wir senkrecht auf diesen Reihen die Grenze zweier Jahresringe; das Herbstholz hat auch hier mehr in radialer Richtung kürzere Zellen, doch überdies, wie dies oft der Fall ist, dickwandigere Elemente. Hie und da sehen wir abgerundete Stellen, äusserlich anderer Art, allein wenn wir von diesen und von den Markstrahlen absehen, so scheint die Hauptmasse aus Fasern zu bestehen.

Bild mit D. Die Hauptmasse besteht jedenfalls aus sehr gestreckten, verdickten Zellen. Es ist jedoch kein gewöhnliches Sklerenchym, denn die nichtverdickten Stellen haben die Form gehöfter Tüpfel. Die hie und da vor-

kommenden abgerundeten Stellen, äusserlich anderer Art, scheinen aus einem Hohlraum zu bestehen, umgeben von dünnwandigen Zellen. Die Zellen der Hauptmasse sind, besonders bei dem Frühjahrholz, wohl gewöhnlich nicht zugespitzt, denn wir sehen die Zellen in radialer Richtung überall gleich gross; nur tangential sind sie bisweilen sehr schmal. Dies würde also eher auf eine Verengung wie bei der Spitze eines Meisels hinweisen.

An einem Zweige, der in essigsaurem Kupfer gestanden hat, überzeugen wir uns, dass Harz darin vorkommt. Diese befindet sich in den Harzgängen, welche aus einem grossen intercellulären Hohlraum bestehen der mit dünnwandigem Parenchym bekleidet ist, welches das Harz in den Hohlraum ausscheidet.

Radialer Längsschnitt. An den faserigen Zellen sehen wir nicht viele Zuspitzungen. Sehr deutlich sind die sehr grossen gehöften Tüpfel. Wir erkennen an jedem derselben: 1. einen grossen äussern Kreis: den weitesten Teil des Hofes der zwei Tüpfel, die gewöhnlich beide in den Schnitt vorhanden sind; 2. zwei kleinere Kreise, die jedoch nicht bei derselben Einstellung scharf sind: die Mündungen der beiden Höfe in die zwei Zellenhöhlen. In den dickwandigsten dieser Elemente sehen wir eine Struktur, als ob an der Innenseite der Wand feine schraubenförmig aufsteigende Verdickungsleisten vorhanden wären.

In den Markstrahlen bemerken wir zweierlei Zellen. In der Mitte Parenchym, welches radial sehr gestreckt ist und mit welchem die angrenzenden Fasern mit einem grossen Tüpfelkanal, der fast so breit wie die Faser ist, communicieren. Unter sich communicieren diese Parenchym-

zellen durch gewöhnliche Tüpfel. In diesen Zellen sehen wir deutlich die Reste des Inhalts. An der obern und untern Seite des Markstrahles sind Zellen, in welchen wir keinen Inhalt wahrnehmen, deren Wände sehr unregelmässig verdickt sind und welche untereinander und mit den angrenzenden faserigen Zellen durch gehöfte Tüpfel in Verbindung stehen, folglich: Tracheiden [1]).

Tangentialer Längsschnitt. An vielen faserigen Zellen sehen wir jetzt die Zuspitzungen; diese Zellen sind also, wie wir bereits vermuteten, nicht von allen Seiten gleichmässig zugespitzt. Wir können sie also jetzt für Fasertracheïden erklaren, für Zellen, die von Fasern mehr die Form und von den gehöften Tüpfelgefässen den Bau der dünnen Wandstellen haben. Auch fysiologisch vereinigen sie wohl die Funktion beider. Dass sie die Flüssigkeit leiten müssen, können wir, abgesehen von andern Gründen, schon sagen, weil es eine Tatsache ist, dass kein anderes Gewebe als die Fasertracheïden in der Richtung der Stengelachse ein zusammenhängendes Ganzes bildet, sodass es also hierdurch schon sehr wahrscheinlich ist, dass die Flüssigkeit ausschliesslich durch diese Elemente aufsteigt. Jedenfalls aber können wir sagen, dass jedesmal, wenn ein anderes Gewebe aufhört, Fasertracheïden die Flüssigkeit weiter leiten müssen.

Dass diese Elemente ferner auch zur Festigkeit beitragen, ergibt sich unmittelbar daraus, dass das Holz beinahe nur aus diesen Zellen aufgebaut ist.

---

1) Wegen ihrer formellen Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Parenchymzellen hat man sie auch *tracheïdal Parenchym* genannt.

21es PENSUM.

I. DER STENGEL. 10.

Merkmale einiger vornehmen Arten von Coniferen-Holz 1).

1. Tracheiden mit Schraubenbändern die weit gewunden sind (3 μ und mehr von einander entfernt). *Taxus baccata L.*

   Nicht so . . . . 2.

2. Harzgänge im Holz und in den grösseren Markstrahlen. Auf radialen Längsschnitten sieht man bei allen oder bei vielen Markstrahlen den tracheïdalen Saum am oberen und unteren Rande. . . . . 3.

   Ohne Harzgänge im Holz und in den Markstrahlen. Kein tracheïdaler Saum an den Markstrahlen. Alle Markstrahlzellen wie gewöhnlich getüpfelt und mit körnigem Inhalt (Edeltanne, holl. zilverspar: dennenhout) . . . . *Abies pectinata Dec.*

3. Die inneren, mit körnigem Inhalte gefüllten Markstrahlzellen communiciren mit den angrenzenden Tracheïden mit einer einzigen Reihe grossen runden Spaltöffnungen, die fast so weit sind wie die Tracheïden selbst. Der tracheïdale Saum mit unregelmässigen Verdickungen (Kiefer, holl. grove den: grenenhout). *Pinus sylvestris L.*

---

1) Modificirt nach der Tabelle auf, S. 154 in der ersten Auflage von STRASBURGER, das botanische Praktikum. Sie enthält, *Juniperus* ausgenommen, alle heimischen Arten.

Die inneren, met körnigem Inhalt versehenen Markstrahlzellen communiciren mit den angrenzenden Tracheiden durch bedeutend kleinere Spaltöffnungen deren pro Markstrahlzelle mehr als eine in der Längsrichtung gefunden werden . . . . 4.

4. Die Zellwände im tracheïdalen Saum mit kleinen vorspringenden Leisten (Fichte, holl. fijne spar: vurenhout). . . . . *Picea excelsa Lk.*

Die Zellwände der tracheïdalen Markstrahlzellen sind ganz glatt (Lärche, holl. lork). *Larix decidua Mill.*

22es PENSUM.

I. DER STENGEL II.

Objekt: Holz der Eiche.

Querschnitt. Bild mit A. Wir erkennen wieder leicht grosse Gefässe, welche immer in dem ersten Frühjahrsholz vorkommen, ferner mehr oder weniger schief radial verlaufende Zellgruppen, von denen die hervorragendsten weniger weit sind als genannte Gefässe, jedoch weiter als Elemente daneben (vermutlich sind es kleinere tracheale Elemente[1]), sodann Gruppen mehr dickwandige Zellen, endlich Markstrahlen, von welchen manche sehr breit sind. Wir sehen auch, dass schmale Markstrahlen sich um grosse

---

1) Eine andere algemeine Bezeichnung für Tracheen und Tracheïden zusammen, vgl. S. 50.

Gefässe hinbiegen, also während ihrer Entwicklung zur Seite gedrängt wurden. In einzelnen Gefässen erkennen wir vielleicht auch Thyllen.

Bild mit D. Die Markstrahlen bestehen wie bei *Sambucus* aus ziemlich dickwandigen Parenchymzellen. Das letzte Herbstholz unterscheidet sich auch hier wieder dadurch von dem ersten Frühjahrsholz, dass die Zellen radial kürzer und oft dickwandiger sind, abgesehen noch von den bereits besprochenen sehr weiten Gefässen im Frühjahrsholz.

In den kleineren vermutlich trachealen Elemente der schon besprochenen radialen Gruppen sehen wir manchmal gehöfte Tüpfel; es müssen also gehöfte Tüpfelgefässe (Tracheen oder Tracheïden) sein. Ferner bemerken wir in den noch kleineren Zellen deutlich drei Arten Elemente: 1. Zellen mit wenig verdickten, stehenden Wänden; innerhalb der letztern oft die rötlichen Fleckchen, die auf Tüpfelkanäle, also auf Querwände hinweisen: Holzparenchym; 2. etwas verdickte Zellen mit gehöften Tüpfeln in den stehenden Wänden, in welchen wir jedoch nie etwas von Querwänden oder durchbohrten Scheidewänden bemerken, also vermutlich: Fasertracheïden; 3. sehr dickwandige Zellen verschiedener Weite, mit wenigen Tüpfelkanälen in den stehenden Wänden und ohne Querwände, also: Fasern. An günstigen Stellen sehen wir an den Tüpfeln der Fasern einen kleinen Hof. Da ihre Funktion hauptsächlich, wo nicht ausschliesslich, eine mechanische ist, so hat man sie, trotz ihrer gehöften Tüpfel, für Sklerenchym gehalten und sie also ihrer Lage entsprechend Holzfasern oder Libriformfasern genannt. Da sich an ihren Tüpfeln jedoch ein Hof befindet, so stehen sie,

wenigstens was ihren Ursprung betrifft, vermutlich mit Tracheïden in Verbindung, weshalb man sie auch wohl als Fasertracheïden betrachtet.

TANGENTIALER LÄNGSSCHNITT. Die Markstrahlen sind auch bei diezer Pflanze meistens kurz. Wir erkennen deutlich die grossen Gefässe als echte Tracheen, auch einen Teil der kleinern. Die engern Elemente mit gehöften Tüpfeln (hier sehr zahlreich) sind jedoch, wie sich ergibt, Tracheïden, sodass hier das Gefässsystem, wie dies oft der Fall ist, aus Tracheen und Tracheïden beiden besteht.

ANHANG ZUM STENGEL.

Einige Punkte aus der Fysiologie des Stengels.

Die eigentümliche Verteilung der Gewebe normaler Dicotylen, wobei Holz- und Siebteile zwei aufeinanderfolgende Ringe bilden [1]), bietet Gelegenheit dar, beider Funktion näher kennen zu lernen. Als man an Stämmen, deren ursprünglich vorhandene Rinde durch stets tiefer gelagerte Korkschichten schon ausser Funktion getreten war, ein ringformiges Stück Gewebe bis auf das Frühjahrsholz wegnahm, sah man, dass unter diesem Ring das Wachstum ziemlich bald aufhörte. Unter der Wunde wird der mehr zusammengesetzte Reservestof, wie die Stärke ganz verbraucht, über der Wunde wird, wenigstens anfangs, gerade Stärke aufgespeichert. Die Bahnen, in denen diese Nahrung sich nach der nicht selbst assimilierenden Wurzel hinbewegt, sind also durch das „Ringen" abgeschnitten wor-

1) Es gibt davon aber viele Ausnahmen, besonders unter tropischen Pflanzen.

den. Aus der Art der Inhaltsbestandteile sowie aus ihrem Bau hat man gefolgert, dass die Siebgefässe vorzugsweise eiweissartige Stoffe in der Längsrichtung leiten, dass aber die Stärke mehr den parenchymatischen Bahnen folge. Aus solchem Ringen hat sich auch ergeben, dass die von der Wurzel aufgenommene Flüssigkeit nur in dem Spint aufsteigt. Wenn die Ringwunde nicht bis aufs Kernholz geht, so kann der Baum Jahre lang am Leben bleiben, besonders wenn sich unter der Wunde neue Schösslinge bilden, welche, abwohl freilich nicht vollständig, für die organische Ernährung der Wurzel sorgen. Gewöhnlich geht jedoch ein solcher Baum bald zu Grunde, da von der Wunde ein Process des Absterbens ausgeht, der auch bei Spintbäumen (die kein Kernholz haben) die Leitung endlich verhindert. Macht man in den Stamm eines Kernholzbaumes eine Ringwunde bis auf das Kernholz, so ist die Zeit, in welcher das Laub verwelkt, abhängig vom Wetter; jedenfalls beginnt der Process schnell, z. B. einen Tag nachher.

Wenn der Zufluss von Stoffen aus der Wurzel infolge der Ringwunde ungenügend ist, so verschwindet die Reservenahrung, welche sich erst über der Wunde anhäufte weil der Ueberfluss nicht abfliessen konnte, endlich auch an dieser Stelle, denn schliesslich wird auch dieser Ueberfluss von Stengel und Laub verzehrt, und neue Stoffe dieser Art können, wenigstens in grosser Menge, nicht gebildet werden.

Ein immer vorkommender Unterschied zwischen Spint- und Kernholz ist, dass in dem Kern keine lebenden Zellen mehr vorkommen, im Spint wohl (in Markstrahl und

Holzparenchym). Man könnte demnach auf die Vermutung kommen, dass diese lebenden Zellen dazu nötig seien, die Flüssigkeit in den trachealen Bahnen empor zu führen. Allein bewiesen ist dies damit nicht, da zugleich mit dem Absterben lebender Zellen beim Uebergang zum Kernholz auch andere Veränderungen vorgehen, welche eine fortgesetzte Leitung verhindern könnten. So findet man oft, dass tracheale Bahnen durch Thyllen oder Harz oder andere „Kernholzstoffe" verschlossen werden. Die Ursachen welche die Aufsteigung des Saftes bewirken, sind übrigens ziemlich unbekannt, obschon eine Anzahl Faktoren, die dabei wenigstens eine Rolle spielen, schon vorliegen.

Gewisse Bäume werden, um sie zur techischen Verwendung geeigneter zu machen, bis tief ins Holz hinein geringt, und zwar während der Stamm nach steht, so z. B. der Djati (Teak)baum auf Java 2—3 Jahre von dem Fällen. Dies scheint davon verursacht, dass ein Stamm, der nicht mehr vollständig genährt wird, doch noch längere Zeit kümmerlich fortleben kann. In diesem Falle wird zuerst alles, was für lebende Elemente nährende Kraft besitzt, möglichst völlig verzehrt, wobei auch der Stamm langsam austrocknet. Dadurch verliert speziell der Spint viel von seiner Fähigkeit allerlei Insekten zu ernähren, und die starke Austrocknung bewirkt, dass wenn der Stamm umgehauen ist das Holz nur wenig seine Form ändert. Wäre der Stamm lebend gefällt, dann würde er in beiderlei Hinsicht sich in einem ungünstigeren Zustand befinden.

Die Markstrahlen haben vermutlich überall die Funktion die Stoffe, welche in Floem und Rinde abwärts geführt

werden, in radialen Bahnen nach dem Cambium und nach dem jungen Holz zu leiten.

Im Frühjahr kann man im Blutungssaft gewisser Bäume (Birk, Ahorn) Glykose und kleine Mengen Eiweiss nachweisen. Vielleicht kommen diese Stoffe aus den Markstrahlen in die trachealen Bahnen, um schnell nach den Stellen geleitet zu werden, wo sie verbraucht werden. In viellen Fällen dienen jedoch wenigstens die mehr centralen Teile auch für die Aufspeicherung der Reservenahrung, welche für ein „Blütejahr" aufgehoben und dann verwendet wird.

Ein Punkt bei dem Bau der Dicotylen wird vielleicht befremden, nämlich dass weitaus das meiste mechanische Gewebe im Vergleich zum Befund bei den Monocotylen solch eine irrationelle Stelle einnimmt. Doch ist dies wohl erklärlich. Es wird eine Folge der Tatsache sein, dass der Stengel bei Dicotylen stets an Dicke zunimmt, bei Monocotylen nicht. Wir können uns gar nicht vorstellen, auf welche Weise bei Dicotylen das stetige Dickenwachstum bei einer stets periferischen Lage des mechanischen Gewebes geeignet stattfinden könnte. Der innere Bau der Monocotylen in mechanischer Hinsicht lässt sich deshalb mit der Einrichtung eines Hauses vergleichen, welches gleich anfangs mit Rücksicht auf gewisse, sich später nicht mehr ändernde, Bedürfnisse gebaut wurde; der Bau der Dicotylen dagen mit der einer Wohnung, welche stetig erweitert wird. In letzterem Falle wird freilich die Einrichtung nicht in jeder Hinsicht so geeignet sein wie in ersterem.

23es PENSUM.

2. DAS BLATT.

Objekt: Nicht zu junge Blattspreite der Weinraute (*Ruta graveolens*).

Ich behandle nur den normalen Bau der gewöhnlich vorkommenden Teile der Spreite; für den hier nicht besprochenen Stiel sei hingewiesen auf den Blattstiel der Flieder (9es Pensum).

Zuerst fertigen wir Querschnitte in Hollundermark an.

Indem wir unsere Untersuchung von aussen beginnen, bemerken wir zunächst eine Oberhaut oder Epidermis von ähnlichem Bau wie beim Stengel. An der unteren Seite sehen wir Zellenpaare von besonderer Form, an denen wir vielleicht auch wahrnehmen können, dass sie nicht verwachsen sind. Dies sind die **Schliesszellen** der **Spaltöffnungen** oder **Stomata**, welche wir schon vereinzelt an anderen Organen gesehen haben, und die wir zum Vergleich heranziehen[1]). Die Oeffnung zwischen den Schliesszellen zeigt bei vielen Pflanzen eine veränderliche Weite. Sie wird dann geringer oder verschwindet sogar, indem diese Zellen, falls die Pflanze Wassermangel hat, ganz aut einander fallen; im entgegengesetzten Falle wird sie grösser. Bei vielen Wasserpflanzen und Pflanzen, welche an feuchten Orten wachsen, bleiben jedoch die Spaltöffnungen immer offen, auch wenn man abgepflückte Blätter vertrocknen lässt, also künstlich Wassermangel hervorruft.

---

1) Sehr deutlich (deutlicher wie hier) sind sie, unter den von uns betrachteten Objekten, beim Blattstiel von *Sambucus*.

An ihrem natürlichen Standplatz wird letzteres bei solchen Pflanzen jedoch nicht leicht vorkommen. Abgesehen von diesen letzten Gewächsen (wo es nicht nötig ist) können wir also sagen, dass die Spaltöffnungen die Ausdünstung regeln: ist viel Wasser vorhanden, so stehen sie weit offen, im entgegengesetzten Falle sind sie mehr geschlossen. Sie regeln jedoch, wie selbstverständlich ist, und sich obendrein experimentell bestätigt, auch das Maass der Luftcirculation, welche zwischen der Aussenluft und den inneren Gashöhlen der Pflanze stattfinden kann. Soweit man die Sache untersucht hat, fand man, dass die Spaltöffnungen im allgemeinen unter genügendem Zufluss von Wasser im Tageslichte offen, im Dunkeln geschlossen sind. Namentlich während des Tageslichts ist mit Rücksicht auf die C-Ernährung eine gute Gascirculation für das Innere der Pflanze notwendig.

Innerhalb der Oberhaut findet sich zwischen den Nerven hauptsächlich ein Parenchymgewebe, das viel Chlorofyll enthält. Wir sehen, dass die Zellen dieses Gewebes an der untern Seite des Blattes viel lockerer liegen, viel grössere zwischenzellige Hohlräume haben als oben. Mit Rücksicht darauf nennt man das Gewebe an der Unterseite **Schwammgewebe**, das an der Oberseite, weil dessen Zellen mehr cylindrisch sind, **Palissadengewebe**. In Bezug auf die Form ist bei dieser Pflanze der Unterschied zwischen den Zellen an der Ober- und Unterseite jedoch nicht sehr gross.

Bei den Spaltöffnungen finden wir gewöhnlich unter der Oberhaut einen besonders grossen Intercellularraum: die sog. **Athemhöhle**. An manchen Stellen sehen wir unter

der Oberhaut runde Flecken von eigentümlicher äusseren Form. Dies sind Stapelplätze eines flüchtigen Oeles, die ringsum mit einer besondern Zellschicht umgeben sind [1]). Man kann die Stellen, wo sich diese Organe befinden, auch leicht erkennen, wenn man die Blätter einfach gegen das Licht hält. Bei den Nerven sehen wir ein einziges Gefässbündel mit dem Xylem der Blattoberseite zugekehrt.

Schliesslich schneiden wir an der Ober- und an der Unterseite parallel zur Oberfläche dünne Schnitte in welchen die Epidermis enthalten sein muss, und studiren an diesen das Bild welches die Spaltöffnungen von dieser Seite betrachtet uns darbieten, und bestimmen ihre Anzahl auf einem gewissen Teil der Oberfläche.

Der feinere Bau der Blätter van Fanerogamen ist bei verschiedenen Pflanzen in Bezug auf Einzelheiten fast eben so verschieden wie ihr Aeusseres. Eine Eigentümlichkeit bleibt jedoch, soviel man weiss, dieselbe, nämlich dass Spreite und Stiel sich zu der Medianfläche symmetrisch verhalten. Die Gefässbündel wenden z. B. in der Spreite ihr Xylem aufwärts; auch im Stiel sind sie nicht völlig regelmässig gelagert. (Vergl. den Stiel bei *Sambucus*). Viele Verschiedenheiten im anatomischen Bau hangen, soweit wir wissen, besonders mit der Transpiration zusammen. Ein sehr wichtiger Umstand für die Beantwortung der Frage, ob eine Pflanze irgendwo wachsen kann, ist der,

---

1) Man hat beobachtet, dass sie zuerst durch eine Ausweichung der Zellen angelegt werden, und sich dann vergrössern durch Zusammenfluss von Zellen welche um diese ursprünglich interzellulare Hohlräume liegen. Man nennt sie nach der Art ihres Entstehens deshalb auch *schizo-lysigen*, d. h. gebildet durch Spalt-lösung.

ob die Wurzeln da auf die Dauer wohl Feuchtigkeit genug aufnehmen können, um zu ersetzen, was die Pflanze durch Ausdünstung verliert. Man begreift deshalb auch, dass in Gegenden, welche wenig Wasser im Boden und eine trockne Atmosfäre besitzen, blos Pflanzen leben können, welche danach streben ihre Feuchtigkeitsaufnahme zu vergrössern, und den Feuchtigkeitsverlust zu verringern. Ersteres geschieht u. a. durch eine sehr starke Entwicklung der unterirdischen Teile der Pflanzen. Man hat z. B. bei Wüstenpflanzen, die sich kaum 1—2 decim. über den Boden erhoben, in einer Tiefe von $1\frac{1}{2}$ M. unter der Erdoberfläche noch Wurzeln so dick wie einen kleinen Finger gefunden. Wüstengewächse können bisweilen auch durch Ausscheidung hygroskopischer Stoffe mit oberirdischen Teilen Wasserdampf aus der Luft anziehen.

Die Beschränkung des Wasserverlustes geschieht auf sehr verschiedene Weise, oft durch eines oder mehrere der folgenden Mittel:

A. Eigenheiten im groberen Bau:
   1. alle oberirdischen Teile bleiben klein;
   2. die Blätter bleiben klein oder fehlen sogar gänzlich;
   3. die Blätter oder Stengel [1]) werden fleischig.

B. Eigenheiten im feineren Bau;
   1. geringe Anzahl Spaltöffnungen;

---

1) Fur einen *Echinocactus* hat man festgestellt, dass die Oberfläche circa $\frac{1}{300}$ von der Oberfläche eines gleichen Gewichtes Blätter von *Aristolochia Sipho* beträgt. Für eine gleiche Oberfläche beider Pflanzen fand man ferner, dass die Verdampfung beim Cactus $\frac{1}{17}$ der Transpiration bei der *Aristolochia* beträgt. Während also ein gewisses Gewicht Pflanzenstoff bei *Echinocactus* eine Menge 1 durch Verdampfung verliert, verliert derselbe Pflanzenstoff bei *Aristolochia* 5000.

2. die Spaltöffnungen stehen weniger unmittelbar mit der Aussenluft in Verbindung, weil sie in Spalten oder Hohlräumen vorkommen, oder weil sie mit Haaren bedeckt sind, die mit Luft gefüllt sind;
3. es ist eine dicke Cuticula vorhanden;
4. eine schützende Wachslage befindet sich an der äusern Luft (bläuliche Pflanzen);
5. die zwischenzelligen Hohlräume sind klein;
6. die zwischenzelligen Hohlräume laufen besonders parallel mit der Blattoberfläche;

? 7 die Pflanze scheidet Stoffe aus (aetherische Oele), welche die Diathermaneïtät der unmittelbaren Umgebung verringern. TYNDALL fand, dass die Luft, welche mit solchen Stoffen künstlich geschwängert war, 30—372 mal soviel dunkle strahlende Wäme zurückhält, als die Luft allein. Wie jedoch die natürliche Umgebung solcher riechenden Pflanzen sich gegenüber der totalen Sonnenstrahlung verhält, ist nicht bekannt.

Bei Pflanzen aus Gegenden mit im allgemeinen feuchtem Klima, wird man an Orten wo wenigstens zeitweise Wassermangel herrschen kann, wie z. B. in Mittel-Europa bei der Dünen- und Haideflora, oft sehr deutliche Anklänge im Bau der Flora finden an die Structur typischer Wüstengewächse.

24es PENSUM.

3. DIE WURZEL.

Objekte: Keimpflanzen der Gerste, im Früjahr aufgehobenes Wintergetreide, Wurzel der Hyacinthe, Luftwurzel einer epifytischen Orchidee.

Der Bau der Wurzel ist besonders in jüngerem Zustand von dem des Stengels ziemlich verschieden. Wir besprechen jedoch nur ein Paar sehr auffällige Punkte.

Zunächst befindet sich an der Spitze der Wurzel eine **Haube,** die dem Stengel abgeht. Wir beobachten dieselbe indem wir Wurzelspitzen von *Hordeum*-Keimpflanzen in unsere Chlorallösung bringen, und mit A betrachten. Das Fehlen derselben beim Stengel können wir wahrnehmen indem wir bei im Fruhjahr aufgehobenen Wintergetreide an einem Trieb die Blätter successive bis unten an ihrer Einpflanzungsstelle wegnehmen, bis wir zuletzt nur den ganz kleinen Stengel übrig behalben. An dessen Spitze befindet sich die Anlage der künftigen Aehre, und wir können sie auf dieselbe Weise wie die Wurzelspitze untersuchen.

Sodann betrachten wir den Bau den jungen normalen Wurzel bei einer im Glase gezogenen Hyacinthe.

Eine äussere zur Wurzelhaarbildung geignete Schicht fehlt hier. Wohl findet man an der Oberfläche ein Paar Zellschichten die seitlich eng zusammenschliessen. Die äusserste können wir wieder Epidermis nennen.

Dann kommt eine parenchymatische Masse mit deutlichen Intercellularen, und im Inneren der sogenannte **Centralcylinder,** in dem wir leicht Gefässe bemerken.

Ausserhalb der meist periferischen Holzgefässe befindet sich eine Schicht Parenchymzellen, in radialer Richtung von nur einer Zelle Dicke, das sogenannte **Pericambium,** und letztere wird umgebenen von der innersten Rindenschicht.

Diese innerste Schicht der Rinde heisst **Endodermis**[1]). Die radialen Wände derselben zeigen in einem Mittelstreifen ein etwas besonderes Bild: mit Hilfe der Mikrometerschraube untersucht sehen wir in deutlichen Fällen diesen Teil der Wand auf verschiedenen Höhen öfters abwechselnd etwas hin und her verschoben. Im anderen Falle zeigt sich dieser Wandteil nur etwas dunkler und breiter als die übrigen Wandpartien. In der That geht aus geeigneten Tangentialschnitten hervor dass hier der Längswand wellenförmig verläuft. Auch sind diese wellenförmigen Teile verkorkt. Bringen wir einen Querschnitt in concentrirte Schwefelsäure, dann zeigen sich diese Teile, und so auch die Verdickungsleisten der Holzgefässe sehr resistent, während fast alle übrigen Wände bald sehr undeutlich werden. Wenn die Endodermis nicht mehr in fester Verbindung mit anderen Zellen steht, wie nach Behandlung mit Schwefelsäure, dann klappt sie gewöhnlich um, und man kann die Wellung der radialen Streifen sehr schön sehen [2]).

Öfters findet man bei älteren Wurzeln die Endodermiswände teilweise verdickt und verholzt; geschieht das früh-

---

1) Von *endo* (ἔνδον) = innen und wieder *derma* (vgl. Epidermis auf S. 36) also: Innenhaut.

2) Bei der Behandlung mit Schwefelsäure werden wir erfahren, dass auch die Epidermis und die subepidermale Schicht sehr resistent sind. Letztere hat einen ähnlichen Bau wie die Endodermis und wird wohl *Exodermis* (= Aussenhaut) genannt.

zeitig, dann bleiben jedoch die gegenüber den Holzgefässen stehenden Teile der Endodermis dünnwandig; man nennt dieselben *Durchlassstellen*, weil durch diese hindurch wahrscheinlich das von den Wurzeln aufgenommene Wasser zur ferneren Beförderung den Gefässen zuströmt.

Innerhalb der Endodermis kommt das schon erwähnte Pericambium, und dann in regelmässiger Abwechslung radiale Streifen Xylem und Floem. Zuweilen stossen im Centrum die Holzteile auf einander.

Ein ähnlicher Bau findet sich bei allen jüngeren Wurzeln, ganz unabhängig von der systematischen Stellung der betreffenden Pflanze.

Später geht aus der erwähnten Structur ein secundärer Bau hervor der demjenigen der älteren dicotylen Stammen sehr ähnlich ist. Derselbe wird dadurch verursacht, dass ein Cambiumring entsteht und zwar zunächst innerhalb der Floemstrahlen; alsbald jedoch erstreckt er sich unter Mithilfe von Pericambialteilen auch an die Aussenseite der Xylemstrahlen.

Eine Abweichung vom normalen Wurzelbau wollen wir noch betrachten, indem wir an den Luftwurzeln epifytischer Orchideen die eigentumliche Zellschicht studiren welche wir an der Aussenseite vorfinden. Dieselbe ist ihrem Ursprung nach eine mehrschichtige Epidermis; sie besteht aus Elementen in verschiedenen Fällen etwas verschiedenen Baues, die aber gewöhnlich holzgefässartig sind.

ALFABETISCHES REGISTER.

Die Nummern hinter den Namen beziehen sich auf die Seitenzahlen.



DATE DUE

